

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Arquitectura
Maestría en Diseño Avanzado

Nuevas materialidades a base de residuos de construcción

Tesis para obtener el grado de:
Maestro en Diseño Avanzado

Autor :

Arq. Jessica Morales Magaña

Director:

Dr. Habid Becerra Santacruz

Co-director:

Dr. Axel Becerra Santacruz

Morelia, Michoacán
Noviembre 2024



NUEVAS MATERIALIDADES A BASE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN



Autor: Arq. Jessica Morales Magaña

Tesis para obtener el grado de: Maestro en Diseño Avanzado

Director: Dr. Habid Becerra Santacruz

Co-director: Dr. Axel Becerra Santacruz



MAESTRÍA
EN DISEÑO AVANZADO



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE INGENIEROS
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Mesa Sinodal:

Dr Habid Becerra Santacruz
Dr. Axel Becerra Santacruz
Dr. Juan Alberto Bedolla Arroyo
M. Cecilia Elias Copete
M. Rayito Flores Pelcastre



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Conahcyt por la beca otorgada para cursar esta maestría. Al asesor el Dr. Habid Becerra por orientarme durante todo el proceso y a MDA. Cecilia Elías por apoyarme y orientarme en varios aspectos de mi tesis.

Agradezco a las personas que conocí en esta maestría Ceci, Adri y Manuel; que se convirtieron en grandes amigos y en un gran equipo de trabajo durante estos años. Especialmente le agradezco a mi amiga Ceci porque fue parte del proyecto desde su formación como ingeniera mecánica.

Agradezco a mi familia, a mi novio Sergio por estar siempre presente y apoyarme en todos los momentos donde me sentía desanimada y frustrada, por ayudarme en la recolección de los residuos y en desarrollar mis ideas. A mi mamá que sin ella no estaría en el lugar donde estoy, por siempre apoyarme para que pudiera hacer una licenciatura y que ahora estoy terminando un posgrado; por levantarme el ánimo y estar presente en todos mis logros. A mis hermanos por su apoyo y a mi dulce gatita Suki por ser mi compañera de trabajo durante horas.



RESUMEN

Cada objeto en nuestro entorno está compuesto por un material, lo que convierte a la materialidad en un aspecto crucial en cualquier proceso de diseño. En arquitectura, la materialidad es una consideración fundamental, ya que cada diseño que planteamos requiere de materiales para ser materializado en el mundo físico. Por ello, reflexionar sobre los materiales que utilizamos es una parte indispensable del proceso creativo y constructivo.

Actualmente, la construcción es una de las actividades humanas con mayor impacto ambiental debido al uso masivo de materiales, la mayoría de los cuales no son sostenibles ni están diseñados para ser reutilizados. Estos materiales, al finalizar su vida útil, suelen carecer de un tratamiento adecuado de residuos, lo que contribuye significativamente a la contaminación y a las emisiones de gases de efecto invernadero. Este problema plantea la necesidad de repensar los materiales que usamos desde la etapa de diseño, con el fin de mitigar su impacto ambiental.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo explorar y experimentar con nuevas materialidades a base de residuos de materiales de construcción, con el fin de incentivar la economía circular y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero desde la fase de diseño y fabricación. El enfoque de este proyecto se basa en el diseño de materiales innovadores que promuevan la sostenibilidad. A través de procesos de experimentación con residuos de la construcción, se busca desarrollar nuevos materiales que puedan ser aplicados en el ámbito constructivo, teniendo en cuenta principios de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental.

El resultado final esperado es la creación de un material aplicable en la construcción, en forma de una baldosa que pueda ser utilizada tanto en interiores como en exteriores, contribuyendo así a una construcción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Palabras clave: material, residuos de construcción y demolición (RCD), ciclo de vida, vida útil, reutilizar, reciclaje, economía circular.

ABSTRACT

Every object in our environment is made of a material, making materiality a crucial aspect of any design process. In architecture, materiality is a fundamental consideration, as every design we propose requires materials to be realized in the physical world. Therefore, reflecting on the materials we use is an indispensable part of the creative and constructive process.

Currently, construction is one of the human activities with the greatest environmental impact due to the massive use of materials, most of which are neither sustainable nor designed to be reused. These materials, at the end of their life cycle, often lack proper waste treatment, contributing significantly to pollution and greenhouse gas emissions. This issue raises the need to rethink the materials we use from the design stage in order to mitigate their environmental impact.

This research project aims to explore and experiment with new materialities based on construction waste materials, with the goal of promoting a circular economy and reducing greenhouse gas emissions from the design and manufacturing phases. The project's focus is on designing innovative materials that promote sustainability. Through experimentation processes with construction waste, the goal is to develop new materials that can be applied in the construction field, considering principles of sustainability and reducing environmental impact.

The expected final result is the creation of a material applicable in construction, in the form of a tile that can be used both indoors and outdoors, thereby contributing to more sustainable and environmentally friendly construction practices.

Keywords: material, construction and demolition waste (CDW), life cycle, lifespan, reuse, recycling, circular economy.

ÍNDICE

Introducción	20
Objetivos	26
Ejes del proyecto	27
Aplicaciones de diseño	29
Metodología	30
Metodología aplicada	35
CAPÍTULO 01: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	37
<hr/>	
Materiales para la construcción y su impacto ambiental	38
La problemática de los residuos en la construcción	40
Cultura del tirar	50
La ruta de los residuos de construcción	52
Impactos ambientales que generan los residuos de construcción	57
Árbol de problemas	59
Citas relacionadas con la investigación	61
CAPÍTULO 02: ANTECEDENTES	63
<hr/>	
Inspiraciones en la antigüedad	64
Técnicas	68
Cocciopesto	69
Argamasa	71
Economía circular	74
Cradle to cradle	80
Upcycling	81
Diseño sostenible	82
Referencias en diseño	88
Loop design	89
Yi design	92
Better bricks	94

ÍNDICE

Ecoladrillos	97
Stonecycling	100
Aportaciones	103
Filosofía-Proyecto	104
CAPÍTULO 03: DESCARTE	109
<hr/>	
Descarte a utilizar	110
Contexto - Descarte	114
Tabique rojo	119
Concreto	121
Recolección	122
Procedimiento previo	128
CAPÍTULO 04: EXPERIMENTACIÓN	131
<hr/>	
Experimentación: primera fase	132
Línea 1 de diseño	136
MC-01	138
MC-02	139
MC-03	140
MC-04	141
MC-05	142
MC-06	143
MC-07	144
Evaluación de muestras	147
Análisis de resultados	149
Escala	150

ÍNDICE

MC-08	152
Línea 2 de diseño	154
BP-01	156
BP-02	160
BP-03	164
Evaluación de muestras	171
Análisis de resultados	172
BP-04	174
Escala	178
BP-01.2	180
BP-01.3	184
Experimentación: segunda fase	188
Selección de línea de diseño	190
MR-01	192
MR-02	193
MR-03	194
Diseño de mezcla	198
Puebas de material	202
Mezcla 01	207
Pruebas de compresión 7 días	208
Pruebas de tensión 7 días	210
Mezcla 02	213
Pruebas de compresión 7 días	214
Pruebas de compresión 14 días	216
Pruebas de compresión 28 días	218
Pruebas de tensión 28 días	220
Mezcla 03	223
Pruebas de compresión 7 días	224
Pruebas de compresión 14 días	226
Pruebas de compresión 28 días	228
Pruebas de tensión 28 días	230
Análisis de resultados compresión	233

ÍNDICE

Resultados y discusión	234
Análisis de resultados tensión	240
Resultados y discusión	241
Elección de mezcla final	247
Prueba de flexión	250
Resultados y discusión	256
Prueba de granulometría	260
Prueba de absorción	266
Resultados y discusión	269
Experimentación: tercera fase	272
Color y textura	274
Exploración 1	277
Exploración 2	279
Exploración 3	281
Exploración 4	283
Exploración 5	285
Exploración 6	287
Exploración 7	289
Catálogo y diagrama de flujo	293
Resultados	300
Costos y Huella CO ₂	302
Desglose de costos	303
Desglose de CO ₂	305
Pieza final 30 cm x 30 cm x 2.5 cm	306
Desglose de costos	307
Desglose de CO ₂	309
Comparación de costo	310
Comparación de CO ₂	311
Catálogo de productos	321

ÍNDICE

CAPÍTULO 05: FUNCIONAMIENTO A GRAN ESCALA	323
<hr/>	
Modelo de funcionamiento	324
Trituración	330
CAPÍTULO 06: REFLEXIONES FINALES	335
<hr/>	
Reflexión	336
Oportunidades evolutivas del proyecto	341
Bibliografía	344

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Diagrama de relación de conceptos	20
Figura 2: Diagrama de ciclo de vida de las edificaciones	21
Figura 3: Imagen de ciudad	24
Figura 4: Desarrollo de objetivos	26
Figura 5: Ejes estratégicos	27
Figura 6: Aplicaciones de diseño	29
Figura 7: Esquema de metodología. Bruno Munari	31
Figura 8: Esquema de metodología. MDD	33
Figura 9: Diagrama metodológico	35
Figura 10: Gráfica de materiales de mayor a menor impacto ambiental	38
Figura 11: Inventario Nacional de GEI en México	40
Figura 12: Nivel de construcción por estado	43
Figura 13: Residuos municipales	44
Figura 14: Estimación de la generación de RCD en el 2018 en México	45
Figura 15: Distribución de la generación estimada de residuos de la construcción	46
Figura 16: Comportamiento de los RCD del año 2005 al 2019	47
Figura 17: Residuos de demolición	49
Figura 18: Ciclo de vida de una edificación	51
Figura 19: Ubicación de áreas de tiraderos en Morelia	53
Figura 20: Tabla de impactos ambientales	57
Figura 21: Árbol de problemas	59
Figura 22: Citas relacionadas	61
Figura 23: Reciclaje antigua Roma	66
Figura 24: Coliseo romano	72
Figura 25: Antecedentes de la economía circular	77
Figura 26: Diagrama de fases de la economía lineal	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 27: Diagrama de fases de la economía circular	79
Figura 28: Diagrama de niveles en el diseño sostenible	85
Figura 29: Línea de tiempo de relación de conceptos	87
Figura 30: Características a analizar	88
Figura 31: Loop disseny	89
Figura 32: Loop disseny	91
Figura 33: Yi Design	93
Figura 34: Better bricks	95
Figura 35: Better bricks	96
Figura 36: Ecoladrillos	98
Figura 37: Stonecycling	101
Figura 38: Resumen de estado del arte	103
Figura 39: Pasos que dan forma a una economía circular	105
Figura 40: Funcionamiento del proyecto	107
Figura 41: Ubicación de puntos de recolección	115
Figura 42: Recolección de residuos	116
Figura 43: Recolección de residuos de tabique	117
Figura 44: Ficha de material tabique rojo	119
Figura 45: Ficha de material concreto	121
Figura 46: Mitades de tabique	122
Figura 47: Residuos de tabique	123
Figura 48: Residuo de concreto	124
Figura 49: Residuos de concreto	125
Figura 50: Residuo de piedras	126
Figura 51: Residuos de piedras	127
Figura 52: Procedimiento previo	129

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 53: Primeras exploraciones	133
Figura 54: Procedimiento en el material de descarte	135
Figura 55: Materiales base	137
Figura 56: Primeras exploraciones	145
Figura 57: Evaluación de muestras	147
Figura 58: Resumen de análisis de resultados	149
Figura 59: Molde de acrílico	150
Figura 60: Muestra MC-08	151
Figura 61: Muestra MC-08	153
Figura 62: Materiales base línea 2	155
Figura 63: Materiales base BP-01	157
Figura 64: Resultados BP-01	159
Figura 65: Materiales base BP-02	161
Figura 66: Resultados BP-02	163
Figura 67: Materiales base BP-03	165
Figura 68: Resultados BP-03	167
Figura 69: Resultados línea 2	169
Figura 70: Evaluación de muestras	171
Figura 71: Resumen de análisis de resultados	173
Figura 72: Materiales base BP-04	175
Figura 73: Resultados BP-04	177
Figura 74: Molde grande	179
Figura 75: Materiales base BP-01.2	181
Figura 76: Resultado BP-01.2	182
Figura 77: Vaciado BP-01.2	183
Figura 78: Resultado BP-01.3	186

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 79: Resultado BP-01.3	187
Figura 80: Resultados segunda fase experimental	189
Figura 81: Evaluación de líneas de diseño	191
Figura 82: Resultados muestras MR	195
Figura 83: Resultados muestras MR	197
Figura 84: Dosificaciones para concreto y mortero	199
Figura 85: Resultado de trituración de tabique rojo	200
Figura 86: Tabla de pruebas y normas	202
Figura 87: Especímenes mezcla 01	207
Figura 88: Gráficas de resultados, pruebas compresión 7 días, mezcla 1:2:2	208
Figura 89: Resumen de análisis de resultados, compresión, 7 días, mezcla 1:2:2	209
Figura 90: Gráficas de resultados, pruebas tensión 28 días, mezcla 1:2:2	210
Figura 92: Resumen de análisis de resultados, tensión, 28 días, mezcla 1:2:2	211
Figura 93: Especímenes mezcla 02	213
Figura 94: Gráficas de resultados, pruebas compresión 7 días, mezcla 1:3:4	214
Figura 95: Resumen de análisis de resultados, compresión, 7 días, mezcla 1:3:4	215
Figura 96: Gráficas de resultados, pruebas compresión 14 días, mezcla 1:3:4	216
Figura 97: Resumen de análisis de resultados, compresión, 14 días, mezcla 1:3:4	217
Figura 98: Gráficas de resultados, pruebas compresión 28 días, mezcla 1:3:4	218
Figura 99: Resumen de análisis de resultados, compresión, 28 días, mezcla 1:3:4	219
Figura 100: Gráficas de resultados, pruebas tensión 28 días, mezcla 1:3:4	220
Figura 101: Especímenes mezcla 03	223
Figura 102: Gráficas de resultados, pruebas compresión 7 días, mezcla 2:4	224
Figura 103: Resumen de análisis de resultados, compresión, 7 días, mezcla 2:4	225
Figura 104: Gráficas de resultados, pruebas compresión 14 días, mezcla 2:4	226
Figura 105: Resumen de análisis de resultados, compresión, 14 días, mezcla 2:4	227

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 106: Gráficas de resultados, pruebas compresión 28 días, mezcla 2:4	228
Figura 107: Resumen de análisis de resultados, compresión, 28 días, mezcla 2:4	229
Figura 108: Gráficas de resultados, pruebas tensión 28 días, mezcla 2:4	230
Figura 109: Resumen de análisis de resultados, tensión, 28 días, mezcla 2:4	231
Figura 110: Resumen de resultados de compresión	233
Figura 111: Tabla de resultados prueba de resistencia a la compresión cubos	234
Figura 112: Tabla de contenido de residuos de construcción en mezclas	234
Figura 113: Prueba de resistencia a la compresión	235
Figura 114: Resumen de resultados compresión	237
Figura 115: Resumen de resultados prueba de tensión	240
Figura 116: Tabla de resultados prueba de resistencia a la tensión	241
Figura 117: Resumen de resultados tensión	243
Figura 118: espécimen de prueba de tensión	245
Figura 119: Diagrama de elección de mezcla	247
Figura 120: Diagrama explicativo de método para pruebas de flexión	250
Figura 121: Diagrama de separación de piezas de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm	251
Figura 122: Pieza de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm	251
Figura 123: Tabla de resultados de flexión placa	252
Figura 124: Placa 1	252
Figura 125: Tabla de resultados de flexión placa 2	253
Figura 126: Placa 1	253
Figura 127: Tabla de resultados de flexión placas finales	254
Figura 128: Placa M07	254
Figura 129: Placa M08	255
Figura 130: Placa M09	255
Figura 131: Pruebas de flexión	257

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 132: Resumen comparativo flexión	258
Figura 133: Tabla de pesos antes y después de prueba	261
Figura 134: Peso y porcentajes de granulometría en tabique	263
Figura 135: Peso y porcentajes de granulometría en recinto	265
Figura 136: Tabla de pesos de especímenes por horario utilizando horno	267
Figura 137: Tabla de pesos de especímenes por horario sumergidos en agua	268
Figura 138: Resumen comparativo absorción	270
Figura 139: Muestras finales	273
Figura 140: Muestras finales	275
Figura 141: Exploración 1	276
Figura 142: Exploración 2	278
Figura 143: Exploración 3	280
Figura 144: Exploración 4	282
Figura 145: Exploración 5	284
Figura 146: Exploración 6	286
Figura 147: Exploración 7	288
Figura 148: Realización de mezcla	290
Figura 149: Realización de mezcla	290
Figura 150: Armado de molde	291
Figura 151: Vaciado de mezcla	291
Figura 152: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 1	293
Figura 153: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 2	295
Figura 154: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 3	297
Figura 155: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 4	299
Figura 156: Muestras finales	301
Figura 157: Tabla de desglose de CO2 pieza muestra	305

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 158: Pieza final de baldosa	206
Figura 159: Tabla de desglose de CO2 pieza final	309
Figura 160: Comparación costos	310
Figura 161: Comparación de huella de CO2	311
Figura 162: Muestras finales	313
Figura 163: Aplicación muro	314
Figura 164: Aplicación piso	315
Figura 165: Pieza de celosía	316
Figura 166: Aplicación piezas para muros	317
Figura 167: Aplicación piezas de decoración	319
Figura 168: Catálogo de productos	321
Figura 169: Mezcla	325
Figura 170: Modelo de funcionamiento	327
Figura 171: Diagrama de esfuerzo de torsión	331
Figura 172: Modelo de revolvedora	332
Figura 173: Tablas de cálculo	333
Figura 174: Aplicaciones posibles	338
Figura 175: Oportunidades evolutivas del proyecto	341

INTRODUCCIÓN

La arquitectura y la construcción son actividades que contribuyen al desarrollo social y económico de un país. Durante muchos años se ha encontrado en la construcción la solución para satisfacer las necesidades de la sociedad, ya que la infraestructura se ha vuelto la base de desarrollo de cualquier ciudad. Pero al mismo tiempo, la construcción genera un impacto en el ambiente, la economía y la sociedad. A partir de la década de 1970, el crecimiento de los asentamientos humanos ha crecido exponencialmente debido al crecimiento poblacional y el cambio climático se ha convertido en un tema global de gran importancia y alarmante. Al principio, este crecimiento reflejaba un aspecto positivo para el desarrollo de las ciudades, sin preocuparse por el uso de recursos naturales ni tampoco por las necesidades de generaciones futuras. (Economy, 2022)

Debido al crecimiento poblacional y a la alta demanda de infraestructura en el mundo, la extracción y el uso de materiales para la construcción aumentan exponencialmente año tras año. Así como su impacto ambiental en su momento de fabricación, traslado y utilización.

“En solo 50 años, el uso global de materiales casi se ha cuadruplicado, superando el crecimiento de la población. Se registró que en el año 2020 se consumieron 100,000 millones de toneladas de materiales.” (Economy, 2022)



Figura 1: *Diagrama de relación de conceptos.*

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

La construcción de infraestructura se encuentra como la segunda necesidad social que más explota recursos para su realización. “El 70% de las emisiones de GEI están relacionados con la transformación y el uso de materiales. Solamente el 8.6% de los materiales se reintegró a un nuevo ciclo de producción.” (Economy, 2022). En conclusión, muy poco material que utilizamos y que posteriormente desechamos vuelve a ser parte de una nueva producción.

El tema de la sostenibilidad de la construcción está directamente relacionado con el de los asentamientos humanos y del medio ambiente. El diseño en las construcciones y sus sistemas de construcción no debe considerarse aisladamente de su impacto en nuestro medio ambiente. Un diseño sostenible es aquel “que atiende a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de atender a sus propias necesidades” (Development, 1987, p.43)

El cambio climático está ligado directamente con la forma en que hemos construido a lo largo de estos años. Esto se debe a que el 70% de todas las emisiones globales de gases de efecto invernadero están relacionadas con el manejo y uso de materiales, así como con las necesidades sociales. (Economy, 2022)

De la utilización de materiales en la construcción, se desencadena otra problemática que son los residuos. Cuando una construcción llega al final de su ciclo de vida, en la mayoría de los casos se remodela o se demuele. Cualquiera de estas dos acciones genera una cantidad de residuos, los cuales, terminan en tiraderos, marcando el fin de su ciclo de vida útil.

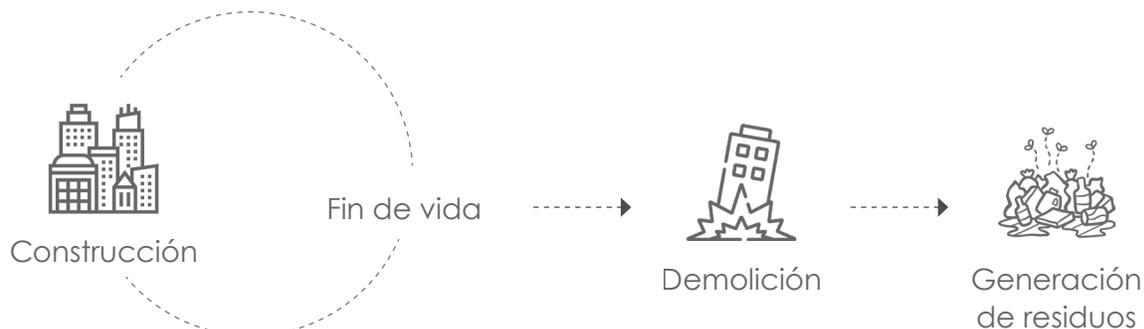


Figura 2: Diagrama de ciclo de vida de las edificaciones. Jessica Morales Magaña.

En México, no existe una gestión adecuada de los residuos de construcción, esto se debe a una deficiente conciencia medioambiental. Por otro lado, no hay una concientización de las empresas constructoras de tratar adecuadamente estos residuos para no impactar negativamente en el medio ambiente.

Existen diferentes definiciones de residuos como:

“Los materiales o productos que se desechan ya sea en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y que necesitan estar sujetos a tratamiento o disposición final...” (Semarnat, 2015)

“Parte o porción que queda de un todo. Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo. Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.” (RAE, 2001)

Los residuos de construcción se ha convertido en un problema en muchos países por sus efectos adversos en el medio ambiente, la economía y aspectos sociales. La industria de la construcción sigue teniendo un papel importante para el desarrollo socioeconómico de las ciudades y por esta razón, se requiere un giro estratégico para el manejo de los residuos de construcción.

El ciclo de vida de cualquier material no debería terminar cuando se convierta en residuo. Es cierto que la forma de diseñar en el pasado sólo involucraba solucionar un problema directo de ese presente, pero actualmente el diseño se ha transformado, así como nuestras ciudades y nuestro planeta. Ya no es posible diseñar sin pensar en el futuro y el medio natural se ha convertido en el factor principal al diseñar.

Este proyecto busca generar nuevas oportunidades de materialidades a base de los residuos de construcción, por medio de la experimentación para encontrar los mejores resultados en diseño, calidad y resistencia. El propósito es generar materialidades que se puedan reciclar al terminar su vida útil y así se conviertan en materia prima para volver a generar estas mismas.

“ En México, la generación de residuos de construcción y demolición incrementa año con año.” SEMARNAT



“El 70% de las emisiones de GEI están relacionados con la transformación y el uso de materiales. Solamente el 8.6% de los materiales se reintegró a un nuevo ciclo de producción.” (Economy, 2022).



Figura 3: Imagen de ciudad.

Fuente: pexels

OBJETIVOS

Este proyecto se enfoca en la filosofía del diseño circular, en el que a partir de la recuperación de residuos de la construcción se puedan fabricar nuevas materialidades para la misma construcción. Se busca contribuir a reducir el impacto negativo que ha tenido el área de la construcción en el medio ambiente. El proyecto se centra en la generación de un diseño que integre aspectos económicos, ambientales y de innovación, al plantear un modelo integral de funcionamiento. La parte fundamental del diseño es considerar el fin de vida del material y que este se pueda volver a utilizar como materia prima y volver a fabricar el material.

OBJETIVO GENERAL:

- Generar baldosas utilizando materiales de residuos de la construcción para su reincorporación en la misma construcción.

OBJETIVOS SECUNDARIOS:

- Identificar propiedades y características de los residuos de los materiales más utilizados en la construcción en México para el diseño de mezclas.
- Analizar posibles combinaciones para generar diferentes colorimetrías y texturas.
- Evaluar propiedades de la nueva materialidad, afirmando su viabilidad de aplicación.
- Identificar y evaluar otras posibles aplicaciones de diseño.



Figura 4: Desarrollo de objetivos. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

EJES DEL PROYECTO

Este proyecto tiene los siguientes ejes estratégicos:

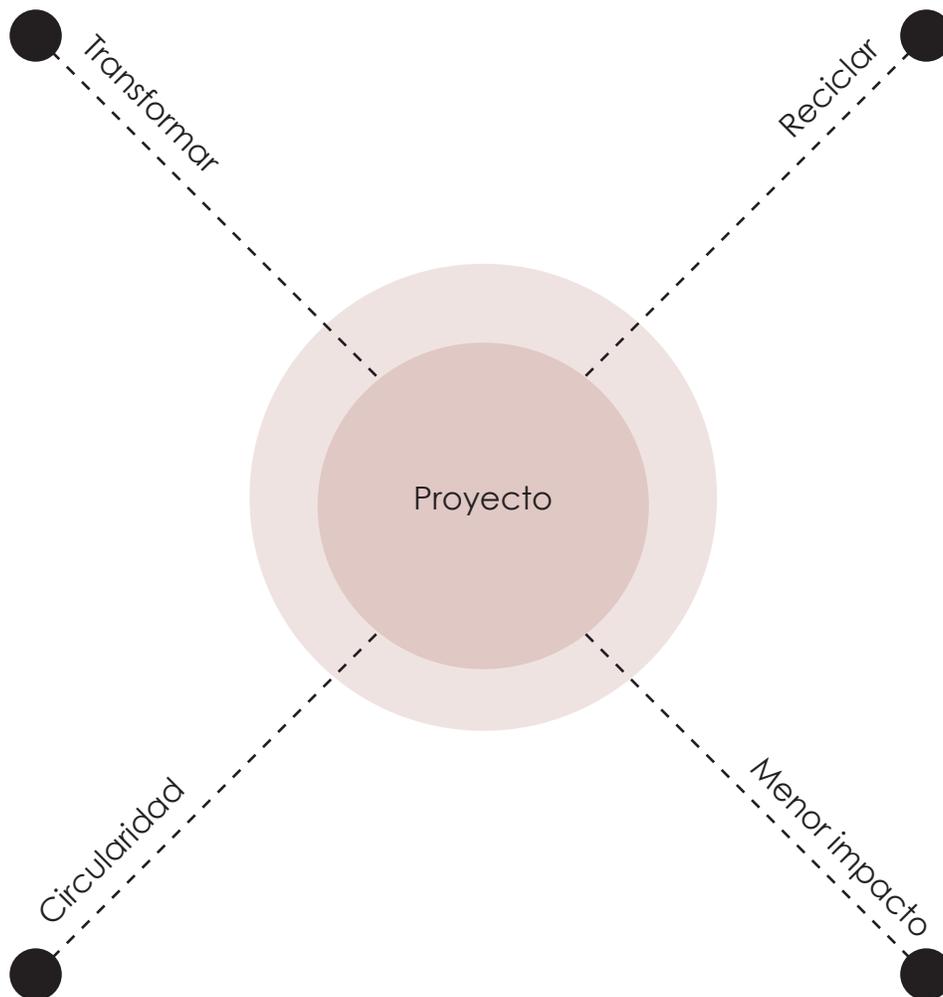
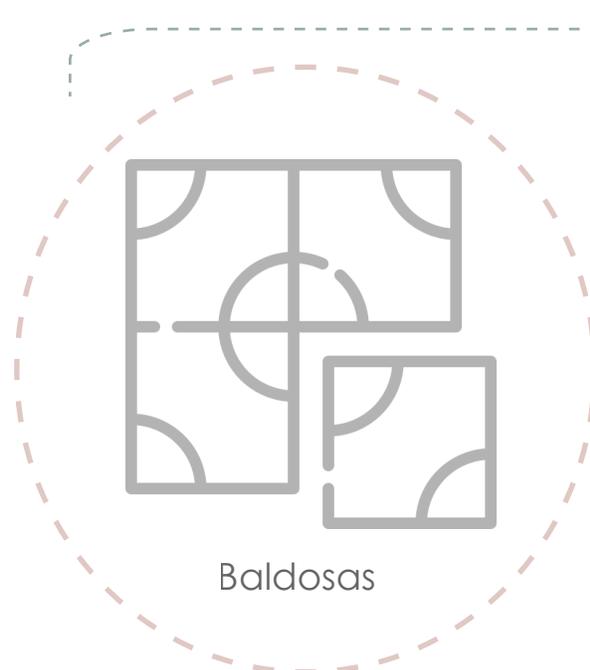


Figura 5: Ejes estratégicos
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

APLICACIONES DE DISEÑO

Búsqueda de retorno



Baldosas

Aplicación principal



Celdas

Promoviendo

o a la construcción



osía



Objetos de
decoración

Aplicaciones
alternativas

la circularidad

Figura 6: Aplicaciones de diseño.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

METODOLOGÍA

Este proyecto sostiene una postura crítica sobre los modelos tradicionales de fabricación de materiales para la construcción. De este modo, se analizó que metodología existente se adapta de mejor manera a lo que se busca desarrollar en el proceso de investigación y creativo.

Al tratarse de un proyecto experimental se planteo un híbrido metodológico de dos metodologías existentes:

1. La metodología de resolución de problemas de Bruno Munari plantea generar un proceso más eficiente para crear proyectos. Se utilizará por tener más fases específicas que ayudarán a un mejor desarrollo del proyecto, además de que esta metodología considera fases importantes de proceso como materiales y tecnologías que serán cruciales para el desarrollo del proyecto. Consiste en las siguientes etapas:

Definición del problema

Componentes del problema

Recopilación de datos

Análisis de datos

Creatividad

Recopilación de datos sobre materiales y tecnologías

Experimentación

Modelos

Verificación

Solución

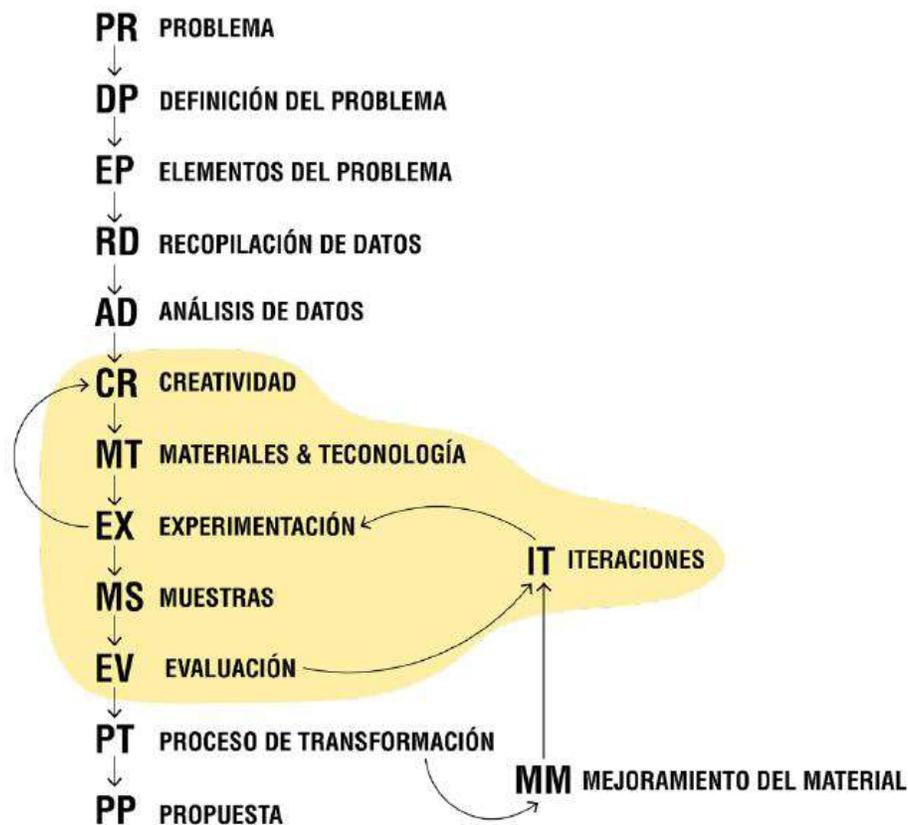


Figura 7: Esquema de metodología. Bruno Munari. (Munari, 2016)

2. Material Driven Design Method (MDD)

Esta metodología es desarrollada por las investigadoras Elvin Karana, Valentina Rognoli, Bahar Barati y Anouk Zeeuw. Esta metodología surgió por una forma de pensamiento fuera de lo convencional, buscaban romper con lo tradicional, ya que, estos diseñadores veían una falta de congruencia en la elaboración de productos experimentales utilizando metodologías existentes, que lo único que provocaban era una barrera por la falta de conocimiento sobre los materiales. Siendo un obstáculo en el proceso creativo entre el diseñador y el producto. Esta metodología busca un proceso en el que el material este presente desde un inicio y que sea visto como el motor del proceso. (Meet, 2018, p. 11)

La metodología se basa en investigaciones de diseño constructivo con un objetivo de generar un enfoque de laboratorio y elementos, en donde se imagina y se constuye una nueva realidad para probar si realmente funciona. (Meet, 2018, p. 11). Este proceso se basa en el método científico, ya que, se incluyen la investigación, observación y evaluación, por este motivo, se considera importante el someter las experimentaciones a pruebas para confirmar su funcionalidad. Sin embargo, permite un enfoque de diseño a comparación del método científico al aceptar hallazgos que no son cuantificables pero que aportan al proceso de acción, evaluando al material por lo que puede ser como una expresión o provocación.

Consta de 4 ejes secuenciales:

- Entender el material
- Creación de visión de experiencia de materiales
- Manifestando patrones de experiencia material
- Diseñando material/ Conceptos de producto

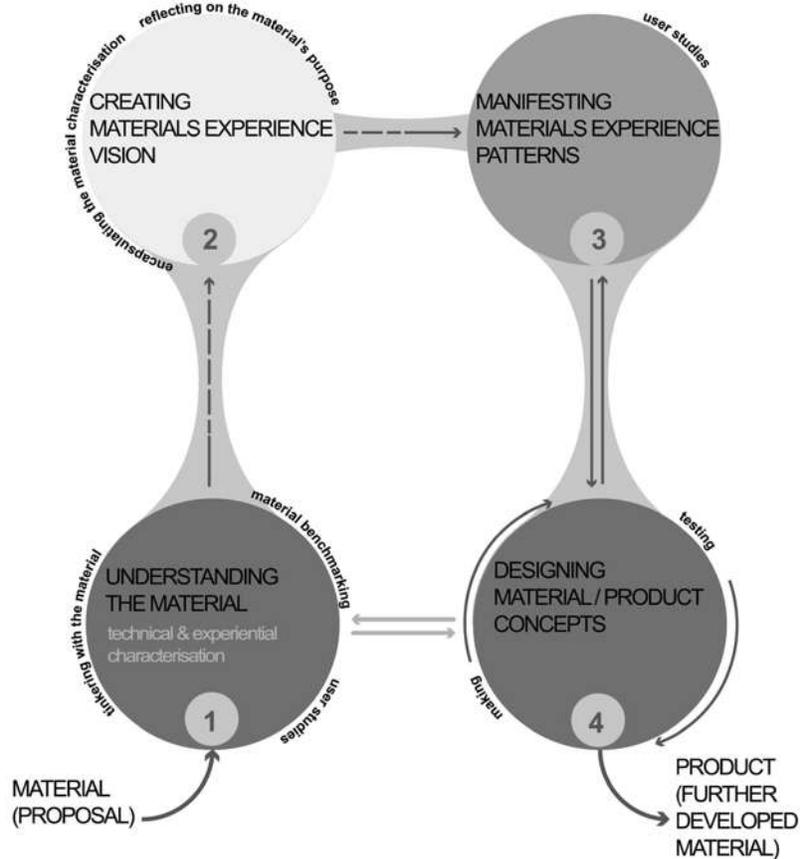


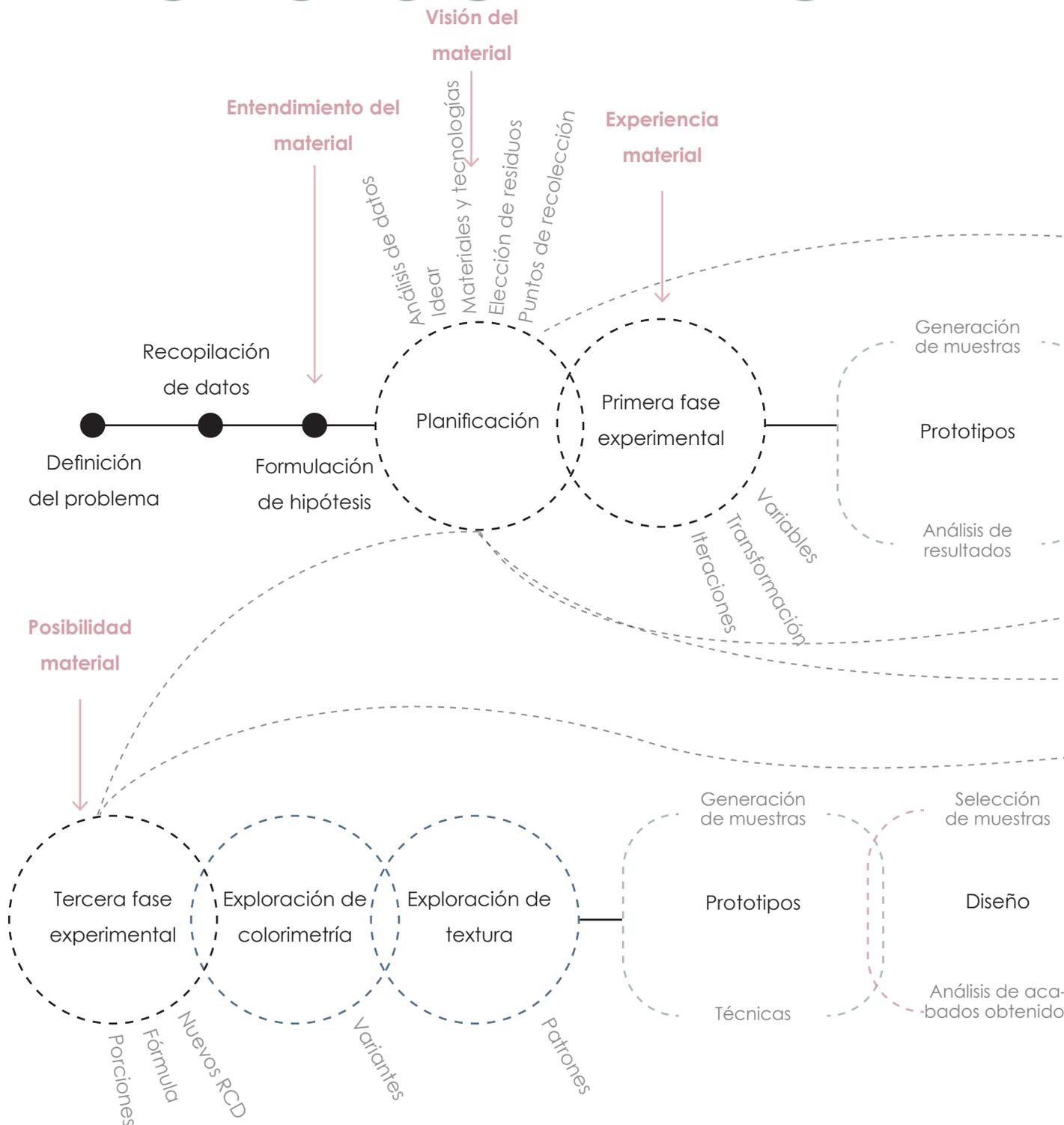
Figura 8: Esquema de metodología. MDD. (Meet, 2018)

En base a las dos metodologías planteadas se busca hacerse una apropiación para generar una metodología propia que ayude a desarrollar el proyecto de la mejor manera. Entendiendo que el proceso no puede ser lineal, ya que, al tratarse de un proyecto experimental y de diseño se convertirá en un ir y venir, generando un proceso no lineal.

Se diseña la metodología en fases que se fueron requirieron durante el proceso y el análisis que se fue desarrollando de las que destacan las siguientes:

- Fase preliminar: consiste en definir el problema, recopilar datos para entenderlo a profundidad. De esta manera, surge la hipótesis de que es viable el reciclaje de los residuos de construcción para generar nuevas materialidades. Esta fase esta directamente relacionada con la planificación que surge de este análisis profundo, donde se clasifican los datos recopilados, se genera una etapa de ideación y creatividad. Se toman decisiones en base a las tecnologías, materiales y recursos de los que se tienen acceso.
- Primera fase: en esta fase se analizaron posibilidades de transformación del material donde surgieron 2 líneas de diseño en base al análisis de las potenciales maneras de generar algunos materiales en obra. Esta fase funcionó como generadora de la experiencia material, donde por medio de la experimentación se va comprendiendo como se comportan los residuos en las mezclas y sugen las primeras reflexiones y tomas de desiciones en base a los resultados obtenidos.
- Segunda fase: en esta fase se exploró a más detalle la fórmula de la mezcla potencial para desarrollar el material final, se observaron y analizaron diferentes aglutinantes, así como las características físicas y mecánicas de los resultados.
- Tercera fase: consiste en la fase de diseño donde se explora las variables de color y textura que se pueden obtener a base de diferentes residuos y técnicas de elaboración.
- Pruebas de laboratorio: esta etapa de la metodología se fue desarrollando y entendiendo a la par de las segunda y tercera, funcionó para analizar las posibilidades del material y lograr mejores resultados finales.

METODOLOGÍA APLICADA



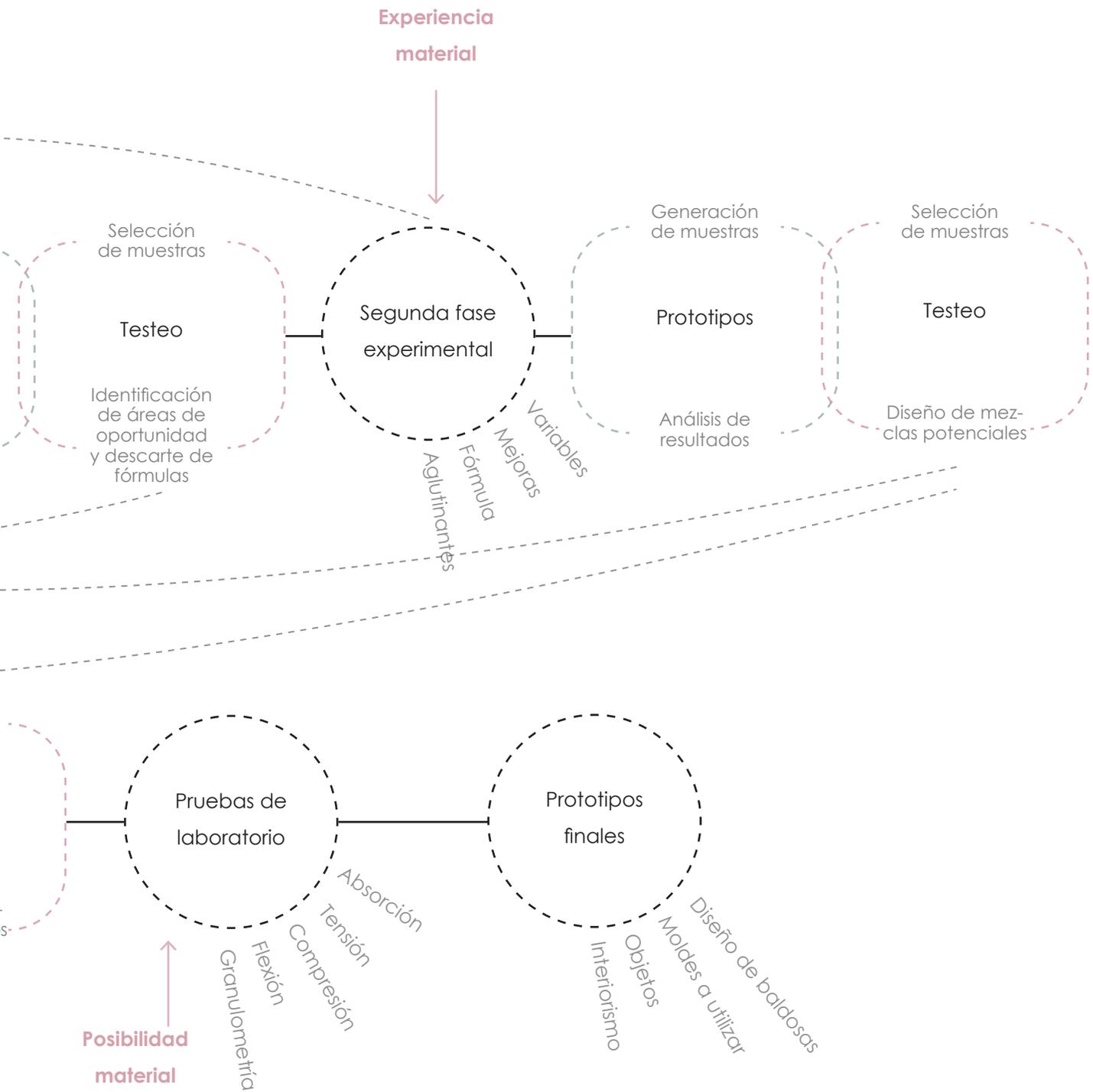


Figura 9: Diagrama metodológico. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CAPÍTULO

0

DEFINICIÓN D

TULO

1

EL PROBLEMA

MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL

En general, la mayoría de los materiales que actualmente se utilizan para la construcción generan un impacto negativo en el medio ambiente, ya que, en su proceso de fabricación generan gases de efecto invernadero. Además, de que no son materiales sustentables debido a que su diseño no promueve la reutilización y reciclaje de los mismos.

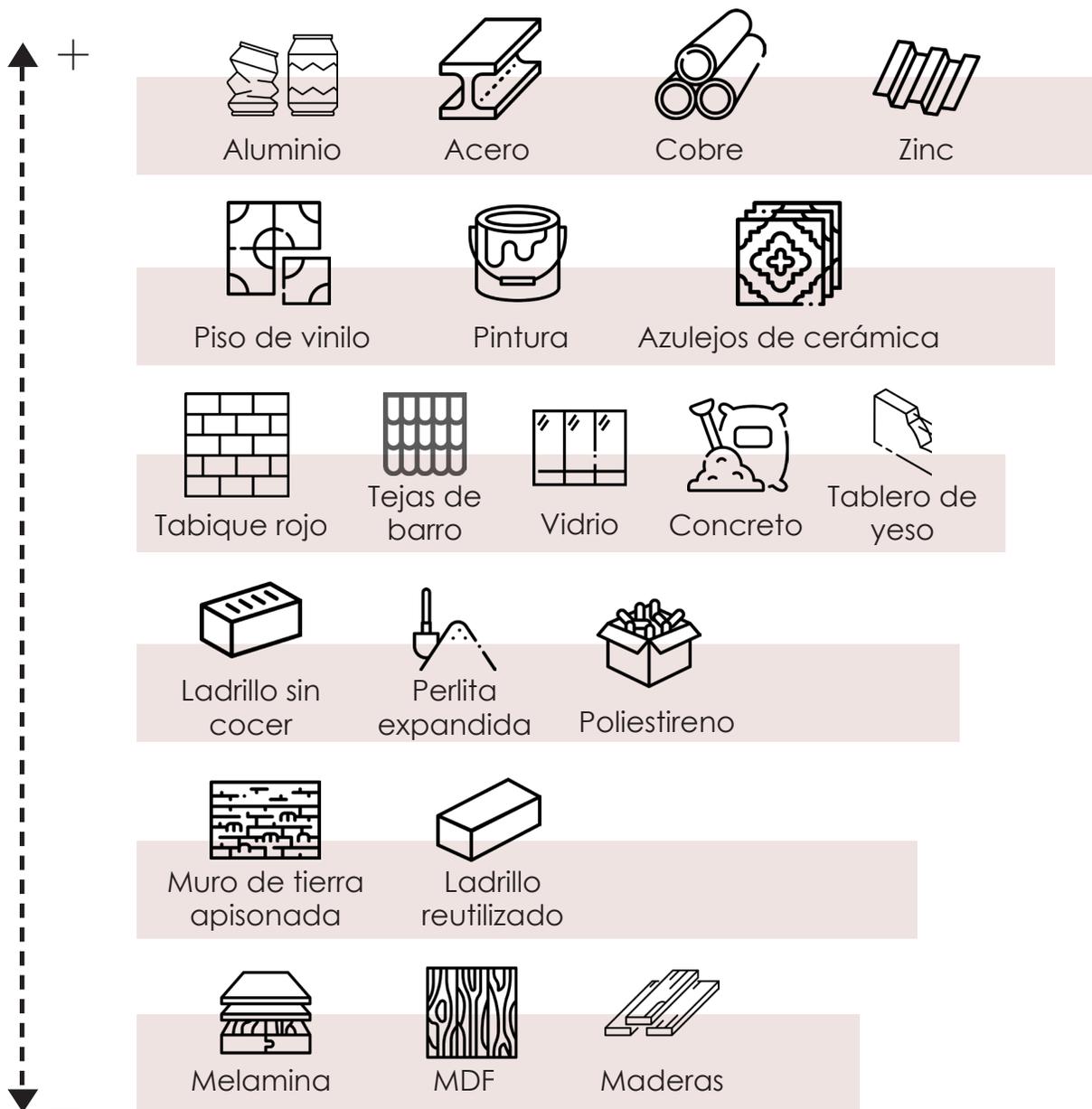


Figura 10: Gráfica de materiales de mayor a menor impacto ambiental. (CINARK, 2022)

El impacto ambiental de cada material se mide a partir de la información de sus respectivas Declaraciones Ambientales de Producto, que describe los posibles impactos ambientales del material o producto a través de análisis estandarizados y es desarrollado por especialistas en análisis de ciclo de vida. Lo que engloba los siguientes aspectos:

- Potencial de Calentamiento Global: es la huella de carbono de un material en su etapa de fabricación. Cuanto mayor sea el valor, mayor será el impacto sobre el calentamiento global.
- Potencial de agotamiento del ozono: se refiere a los gases liberados por los materiales durante su producción que pueden degradar la capa de ozono.
- Formación de ozono troposférico: cuantifica las habilidades relativas de los compuestos para producir ozono a nivel del suelo. En altas concentraciones, el ozono puede afectar la salud de los humanos y la naturaleza e incluso puede afectar la respiración.
- Potencial de acidificación: cuantifica la cantidad de gases responsables de la acidificación de los suelos, aguas terrestres y superficiales, sus efectos sobre los animales y los ecosistemas.
- Potencial de eutrofización: es el aumento de la concentración de nutrientes en los ecosistemas, lo que puede provocar desequilibrios como la desertificación o la superfertilización. (CINARK, 2022)

Estos índices varían en cada material, hay materiales que tienen mayor valor en un aspecto que en otros. Sin embargo, los materiales prefabricados son los que provocan mayor impacto ambiental. (CINARK, 2022)

En México, los materiales más utilizados en la estructura de la construcción son el concreto, el tabique rojo, acero y poliestireno para losas de casetones. Sin embargo, en toda construcción se utilizan el cristal, azulejos de cerámica, pisos de cerámica, pintura y maderas. En su mayoría son materiales que al terminar su vida útil no son reciclados, terminan en tiraderos cuando ya no son de utilidad, aumentando su impacto ambiental. (CINARK, 2022)

LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Desde 1972 al 2021 la extracción de materiales ha ido aumentando exponencialmente, esto debido a la alta demanda económica de generar cualquier tipo de materiales y comercializar un producto. Lo preocupante de estas cifras es que, al analizar nuestra realidad actual, se proyecta que esta extracción siga en aumento, siempre y cuando la forma de diseñar y fabricar siga comportándose de la misma manera. Ya que, nuestra economía actual se basa en desechar y no en reutilizar, por ende, se desperdicia más del 90% de los materiales utilizados. (Economy, 2022)

Se registró que en el año 2021 el desarrollo de infraestructura fue la principal fuente causante de gases de efecto invernadero por su extracción de materiales, con una cifra de 38.8 gigatoneladas; por otro lado, solo el 8,6% regresa a nuestra economía. En solo dos años, la circularidad global se desvaneció del 9,1 % en 2018 al 8,6 % en 2020. (Economy, 2022) Esto quiere decir que, la mayoría de la materialidad que se utiliza para la construcción se desecha cuando ya no es de utilidad, y por ende, termina su vida útil.

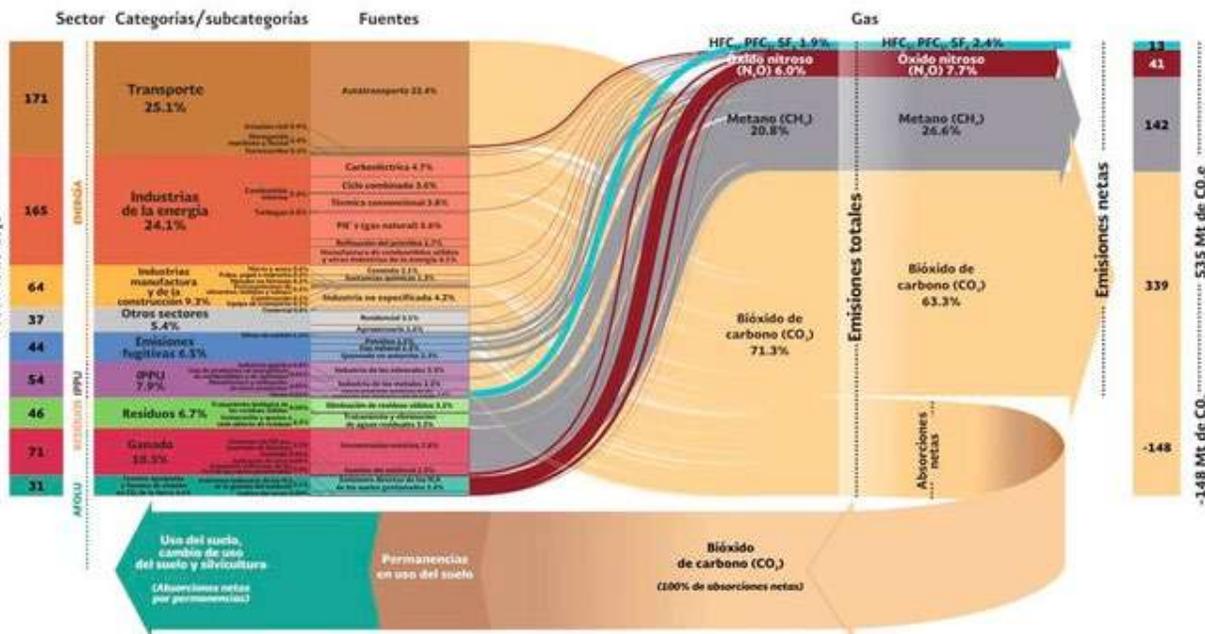


Figura 11: Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero en México, 2015

En México, se tiene registro que en el año 2015 el país emitió 683 millones de toneladas de bióxido de carbono. Siendo el gas más relevante que emite el país es el bióxido de carbono con 71% de las emisiones, seguido del metano con 21%. Del total de las emisiones, 64% correspondieron al consumo de combustibles fósiles; 10% se originaron por los sistemas de producción pecuaria; 8% provinieron de los procesos industriales; 7% se emitieron por el manejo de residuos; 6% por las emisiones fugitivas por extracción de petróleo, gas y minerías y 5% se generaron por actividades agrícolas. (Gob, 2015)

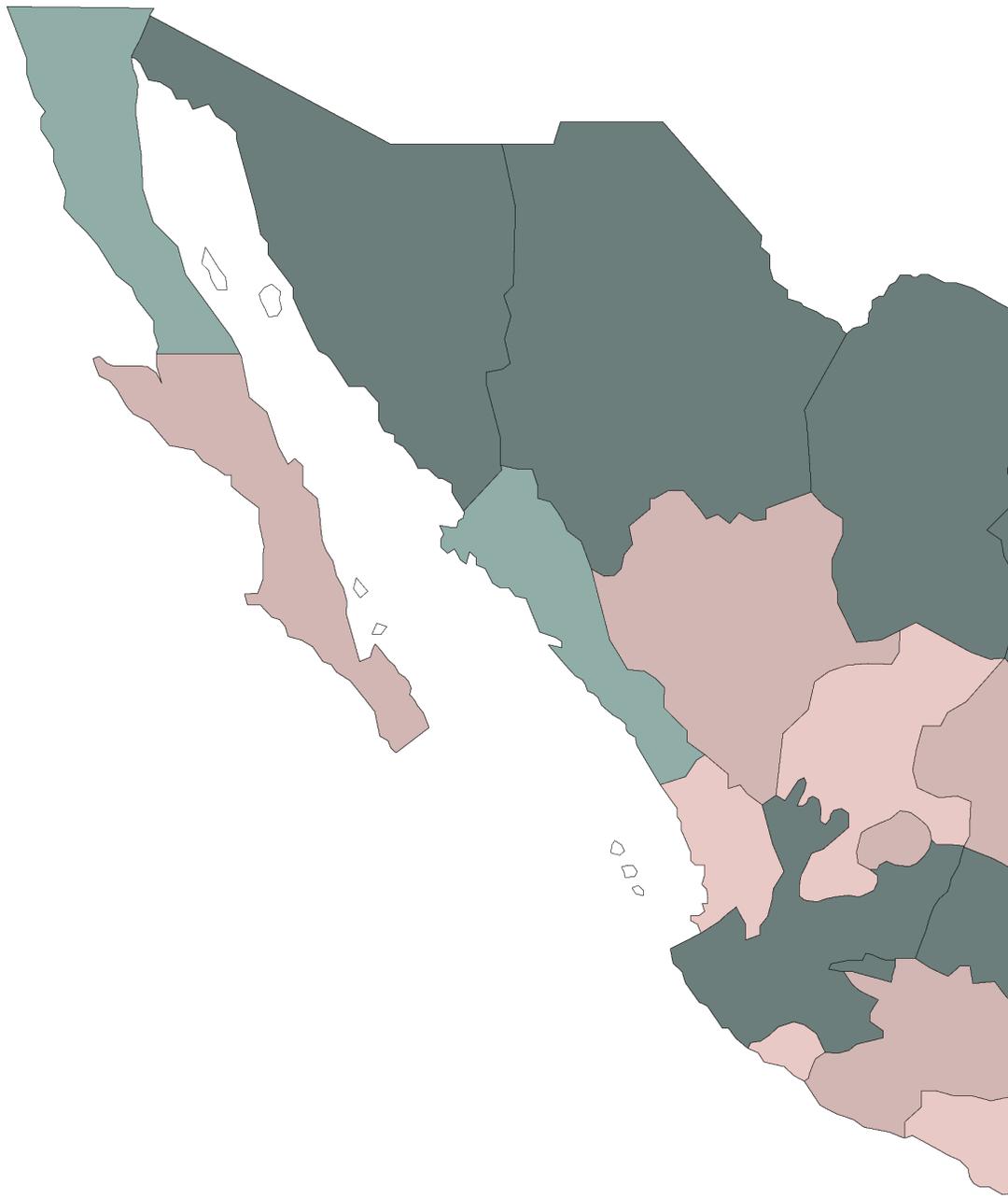
Se registra que el área de construcción se ubica en el tercer puesto de la actividad que genera mayor cantidad de gases de efecto invernadero en México. Sin embargo, se sabe que la construcción se encuentra directamente relacionada con la actividad del transporte y de la energía, por cuestiones de fabricación y distribución de los materiales, aumentando su impacto negativo en el medio ambiente.

Por lo tanto, la generación de residuos en México está ligada al proceso de urbanización. Al momento de que el número de población aumente conlleva a un aumento de consumo de bienes y servicios, que a la larga provoca una producción de grandes volúmenes de residuos. Esto se convierte en un ciclo de generación continua de gases de efecto invernadero, los cuales, terminan por generar mayor contaminación en el medio ambiente.

Con base a datos, se registra que los estados del país que más producen residuos de construcción esta relacionado con su número de población, y por ende, a la cantidad de construcción que se genera en sus entidades. Estos datos se clasifican en cuatro niveles de participación en la construcción, que van de muy alto, alto, medio y bajo. (Gob, 2015)

Siendo los estados con niveles muy altos de construcción, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Jalisco, Guanajuato, Estado de México y CDMX. (Gob, 2015)

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo



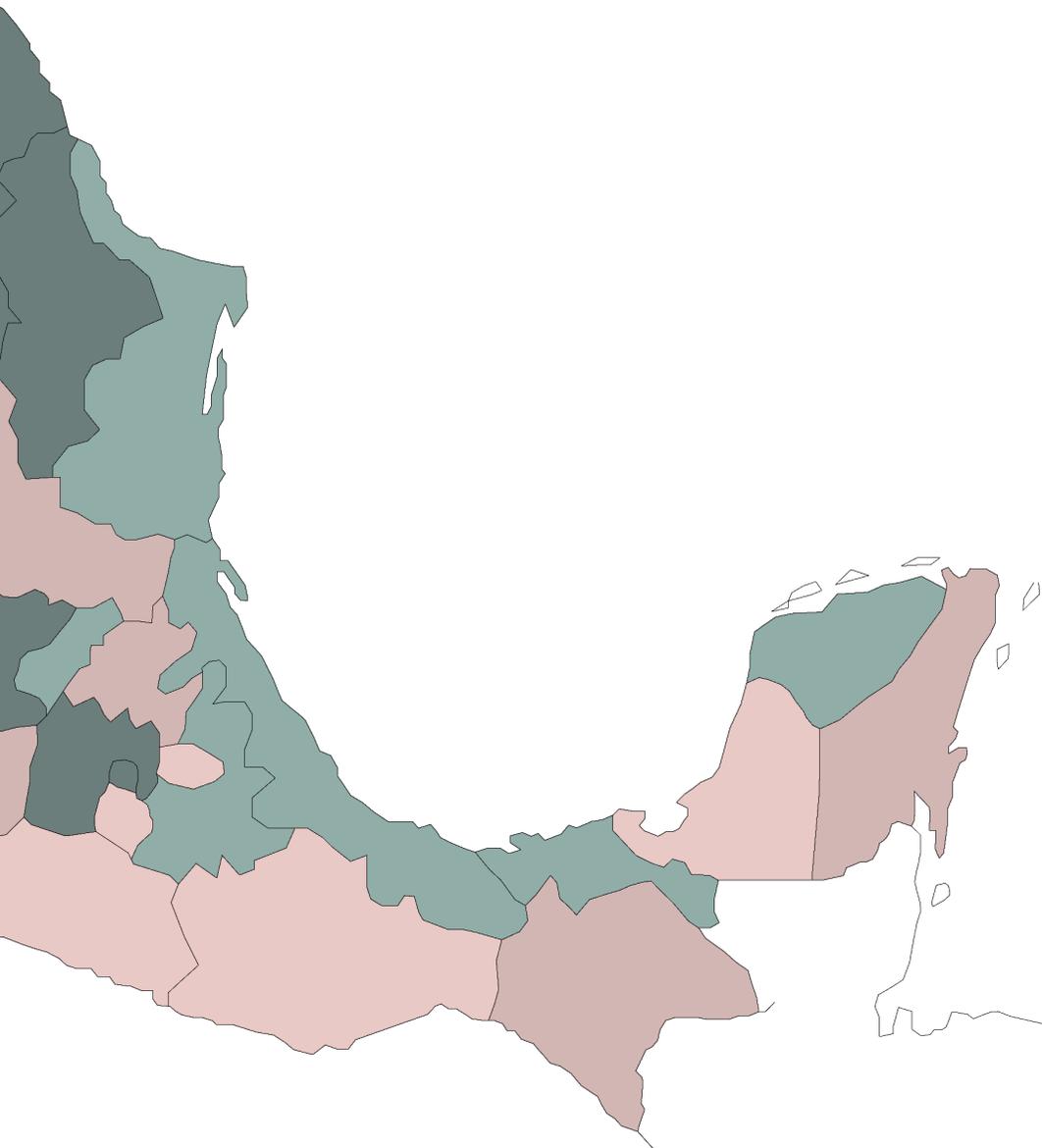


Figura 12: Nivel de construcción por estado, Inegi, 2019.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN (RCD)

En la actualidad, mitigar la generación de los residuos ha sido un gran reto en México, ya que, en los últimos años la generación de estos residuos se ha incrementado en más del 90% (Martínez, 2015). Según estudios, se ha observado que el crecimiento en la generación de residuos esta relacionado directamente con el tamaño de las ciudades, es decir, entre más grande y poblada sea una ciudad, esta genera mayor cantidad de residuos, no sólo de construcción sino de cualquier tipo. (Martínez, 2015)

Pese a los beneficios que la industria de la construcción aporta a la sociedad humana, se conoce que esta industria utiliza regionalmente del 25 al 50% de los recursos naturales vírgenes que anualmente consume la humanidad; y que además contribuye con porcentajes similares en términos de los materiales de desecho, que aún dispuestos de manera adecuada, se convierten en pasivos ambientales. En México, se recicla una cantidad muy limitada de RCD, que en su mayoría se usa como material de relleno para nuevas construcciones, y para la conformación de terraplenes, bases y sub bases en obras de infraestructura carretera. (Betancourt, Correa & Betancourt, 2015). En la siguiente gráfica se muestra como se ha comportado la generación anual de RCD en México, siendo claro que esta ha estado incrementando año con año. Teniendo como referencia el registro mundial contra el registro de México.

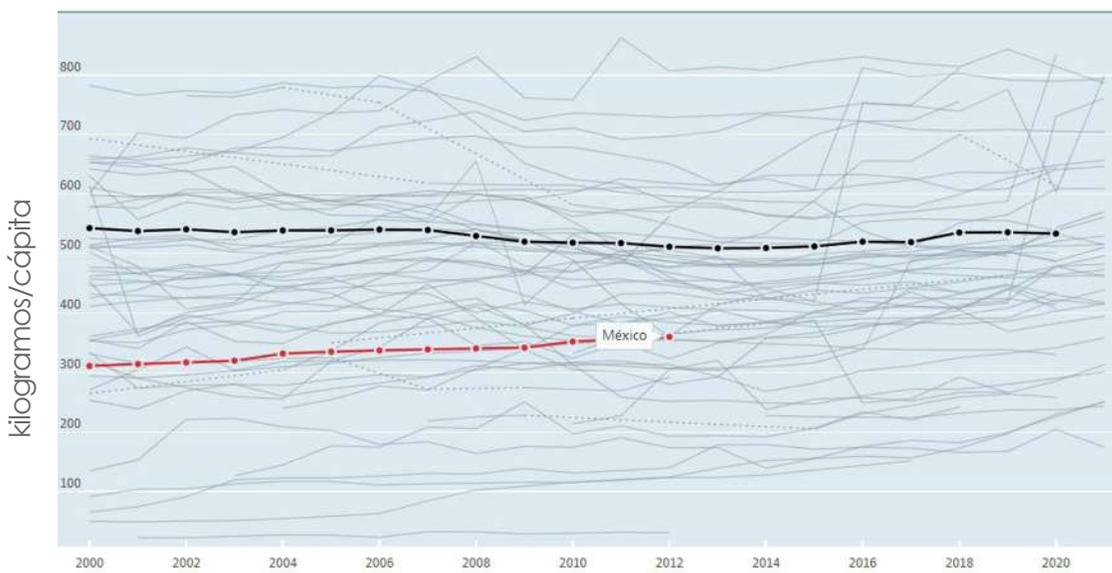


Figura 13: Residuos municipales. Organización para la Economía, Cooperación y Desarrollo.

A pesar, de que en México la SEMARNAT coloca la Norma NOM-161-SEMARNAT-2011, la cual, establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo, resaltando la importancia del manejo especial de los residuos las obras de construcción, mantenimiento y demolición. A pesar de esta ley, en muchas construcciones se deshacen de grandes cantidades de RCD sin promover su reciclaje, ya que, aunque exista esta ley, sigue aumentando la existencia de vertederos ilegales.

Todo esto ha provocado el aumento del problema respecto a los RCD en México, ya que, actualmente el incremento anual de estos residuos es notorio. En la siguiente tabla se muestra la estimación de la generación de los RCD en México para el año 2018:

TIPO DE OBRA	GENERACIÓN EN (TON)	PORCENTAJE DE GENERACIÓN
Edificación	1,593,512.64	16%
Agua, riego y saneamiento	900,576.75	9%
Electricidad y telecomunicaciones	536,280.50	5%
Transporte y urbanización	3,880,234.01	38%
Petróleo y petroquímica	1,049,782.31	10%
Otras construcciones	2,192,936.43	22%
Total	10,153,322.63	100%

Figura 14: Estimación de la generación de residuos de la construcción y demolición (RCD) en el 2018 en México, SEMARNAT.

Como se menciona en el informe de SEMARNAT, estos resultados fueron obtenidos de los valores registrados en los permisos de demolición que cada entidad autorice. Es decir, que todas las construcciones que operaron sin un permiso no están consideradas en estas cifras. (SEMARNAT, 2020)

Según el informe de la SEMARNAT la distribución de la generación de los RCD en el año 2018 se divide de la siguiente manera:

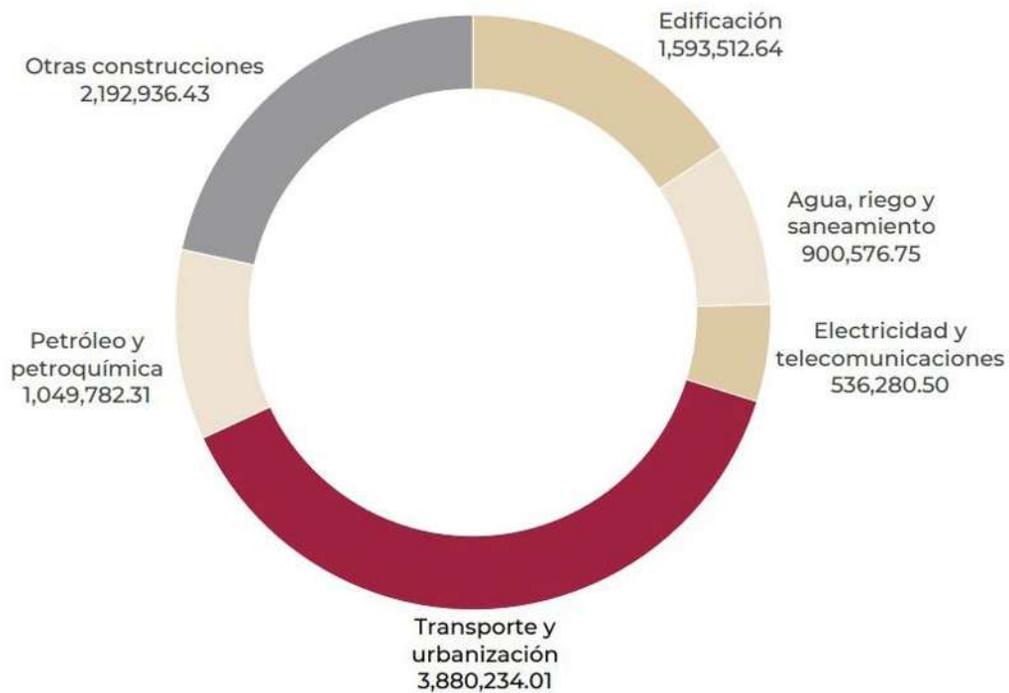


Figura 15: Distribución de la generación estimada de residuos de la construcción para el 2018, SEMARNAT.

Por lo tanto, se observa que la mayor cantidad de RCD proviene de obras referentes a la infraestructura de las ciudades, la cual, sigue directamente relacionado con la cantidad de población de cada ciudad.

Por otro lado, resulta alarmante la poca cantidad de RCD que son reutilizados, la SEMARNAT registra que sólo el 13% son reintegrados a la construcción de nuevas obras. El resto de los RCD se llevan a vertederos legales y/o ilegales, registrando grandes cantidades de residuos almacenados en estos lugares:

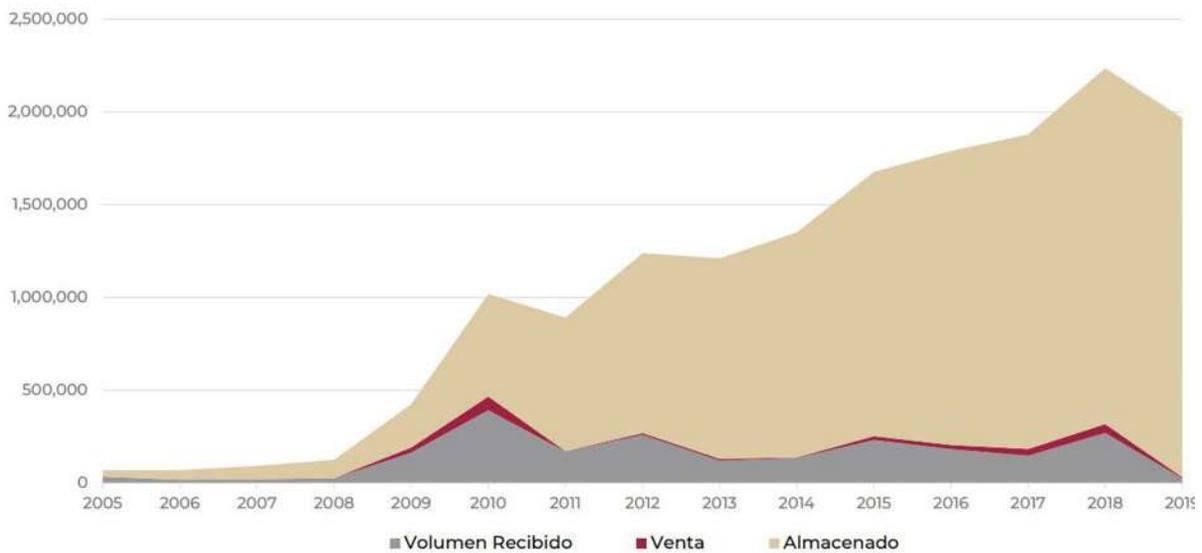


Figura 16: Comportamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) del año 2005 al 2019, SEMARNAT.

Concluyendo, que la generación de RCD afecta sustancialmente debido a que su volumen es muy alto, provocando a futuro que los sitios de disposición disponibles en el país se vuelvan insuficientes.

Así mismo, teniéndose como principal referencia y la única con un dato registrado, la CDMX al ser la ciudad con más población y en donde constantemente hay generación de nueva infraestructura ha registrado un valor de 14,000 toneladas de residuos de la construcción y demolición al día. (SEMARNAT, 2020)

TOMAR - HA



ACER - TIRAR



Figura 17: Tiradero en Santa María de Guido, Morelia, Michoacán.

Fotografía por Abel Maldonado.

CULTURA DEL TIRAR

Para el desarrollo del proyecto es importante entender la realidad actual, la percepción económica y social ante la utilización de los materiales. Es cierto que al hablar de materialidad se engloban varios aspectos, al concentrarnos en el ámbito de la construcción es importante analizar los procesos de utilización.

La economía que cada día se vuelve más productiva y ligada con el crecimiento exponencial de la población, orilla a las sociedades a generar mayor infraestructura cada año. Este es un paradigma que se ha repetido durante los últimos años pero que en realidad se ha convertido en un sistema de crisis. Se le ha dado tanta importancia al consumismo para favorecer a la economía concentrada en ciertos sectores de la sociedad.

Actualmente, hay un déficit de concientización sobre a donde van los residuos de todo lo que generamos como sociedad. En general, usamos y desechamos mucho, mientras que reciclamos poco. Y el área de la construcción no es la excepción.

Como ya se mencionó la construcción se relaciona con aspectos sociales, económicos y ambientales. Desde hace varios años, ha tenido mayor importancia el aspecto económico. Cada día las ciudades crecen más hacia sus periferias porque las empresas constructoras buscan su beneficio económico.

Entre mayor cantidad de construcciones se genera mayor cantidad de residuos a futuro. En la mayoría de los casos cuando una edificación ya no cumple con las necesidades de la sociedad o por alguna otra razón ya no es útil, las edificaciones terminan por ser demolidas o remodeladas. Estas acciones producen residuos, que al final se convierten en basura y terminan en tiraderos de la ciudad. “Todo se va a la basura y esto nos lleva a la eliminación. Esta es la fase de la economía de los materiales que todos conocemos...” (Leonard, 2007,p.41)

Annie Leonard comenta en su libro “la historia de las cosas” que todo lo material se mueve a través de un sistema que va desde: la extracción, producción, distribución, consumo y eliminación. Todas estas etapas reciben el nombre de “economía de los materiales”. Los edificios no son la excepción de este ciclo, al terminar su vida útil estos son eliminados y sus restos terminan en la basura, provocando mayor impacto ambiental.

Analizando el ciclo de vida de un edificio, se reduce en las siguientes etapas:



Figura 18: *Ciclo de vida de una edificación*
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Al entender el ciclo de vida de los materiales y los edificios, se puede concluir que en ambos casos al terminar su vida útil se les considera desecho. Nuestra cultura actual que es producto del consumismo se reduce en tres etapas: tomar, hacer, tirar. Nuestro estilo de vida y cultura consumista nos han llevado a la idea de que todo lo que ya no nos es útil debe ser desechado. No existen alternativas para la reutilización o reciclaje de los materiales. Por otro lado, no existe una gestión adecuada de los residuos ni tampoco leyes que regulen los ciclos de vida útil de los materiales.

Esta cuestión de que los materiales no se pueden volver a utilizar al finalizar su ciclo de vida útil es definida desde su etapa de diseño, todo el ciclo de los materiales se puede planificar desde el diseño. Nuestra forma de diseñar y nuestra cultura del tirar debe ser transformada para contribuir a la reducción del impacto ambiental que se ha generado a través del tiempo.

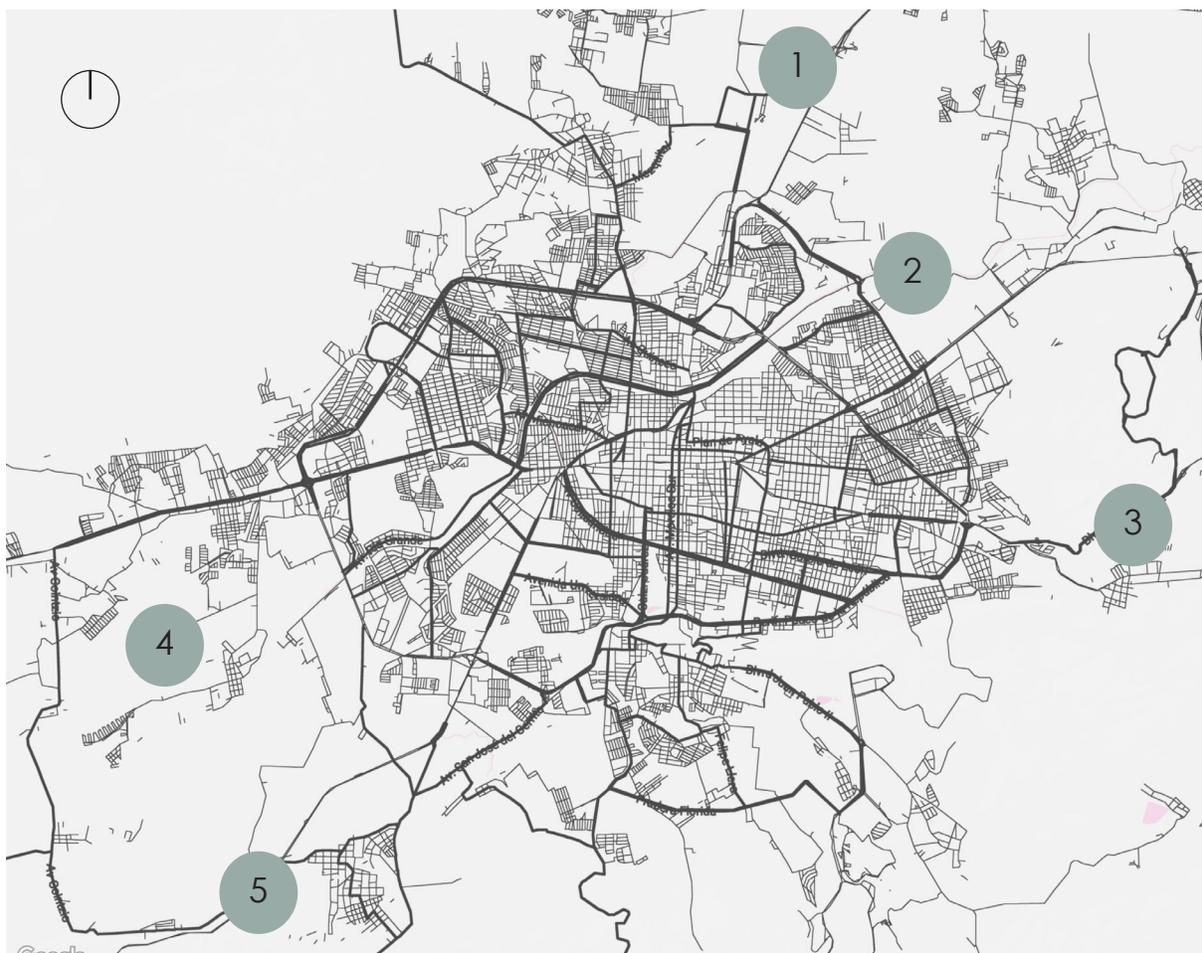
Al diseñar, el modelo ideal se centra en un punto de equilibrio entre el ambiente, la sociedad y la economía, con el objetivo de generar diseños sustentables que sean equitativos, vivibles y viables. El diseño actual nunca ha correspondido a este modelo, ya que, la economía ha tenido mayor peso al momento de las decisiones en los diseños debido a la búsqueda del beneficio para las empresas. Esto ha dejado de lado la parte social y ambiental, siendo lo ambiental lo último que se considera.

Debido a la realidad actual, el modelo del punto de equilibrio que buscaba la sustentabilidad ya no es suficiente. La contaminación ha ido en aumento, llegando a un punto crítico en la actualidad. Por esta razón, lo mejor al diseñar sería buscar un modelo donde lo ambiental sea el aspecto de mayor importancia. Dejando en segundo plano lo social y lo económico, solo diseñando con un modelo así podríamos reducir el impacto ambiental que existe en la actualidad.

LA RUTA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

Cuando un edificio llega a su última etapa de vida útil, los residuos pasan por una etapa de recolección hasta llegar a los tiraderos. En realidad, estos residuos no son parte de un sistema controlado sobre su adecuada gestión y por lo tanto, terminan como basura y sin ninguna utilidad.

En la ciudad de Morelia existen tiraderos clandestinos y por lo general los residuos de construcción y demolición (RCD) se utilizan para rellenar terrenos. En el siguiente mapa se ubican algunas zonas de tiraderos legales dentro de la ciudad, que en su mayoría se encuentran en las orillas de la mancha urbana.



- 1. Desviación a Zinapécuaro
- 2. Cerca de la universidad UTM
- 3. Salida Mil Cumbres

- 4. Cerca de salida Quiroga
- 5. Cerca de Uruapilla

Figura 19: Ubicación de áreas de tiraderos en Morelia, Michoacán
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

La pregunta importante de esta situación es ¿Qué consecuencias provoca la mala gestión de residuos de la construcción? Como ya se mencionó existe una ruta no adecuada para este tipo de residuos y terminan en vertederos no controlados. Al terminar como material de relleno en terrenos están en contacto directo con el suelo natural. Provocando que la actividad de la construcción sea una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. Y si consideramos el mal manejo de los residuos, se convierte en una actividad más contaminante por afectar a suelos y aguas.

El aumento de los tiraderos clandestinos agrava el impacto negativo que tienen los residuos no sólo en imagen urbana, sino aumentando el impacto ambiental que afecta directamente el bienestar de las personas.

Se han realizado estudios y se ha concluido que los residuos de construcción pueden contener diferentes sustancias contaminantes en diferentes formas como gaseosa, lixiviados y sedimentos, provocando la contaminación del aire, el agua y el suelo. (Mejía, Giraldo & Martínez, 2013, p.110)

Un ejemplo es la producción de sulfuro de hidrógeno en las escombreras o lugares donde se almacenan los residuos de construcción. Este químico es el resultado de los paneles de yeso, utilizados usualmente para muros divisorios. Estos paneles al estar expuestos a la intemperie y al agua, provocan una disolución de sulfatos y calcio. Estos químicos tienen la propiedad de generar malos olores y toxicidad a altas concentraciones. Tales propiedades los convierten en elementos que deben ser evitados en el aire por sus altos niveles contaminantes y por ende su alto nivel de peligro para la salud de las personas. (Mejía, Giraldo & Martínez, 2013, p.110)

Los residuos de la construcción contienen sustancias nocivas para la salud y el medio ambiente, su mal uso y su exposición constante a la intemperie pueden llegar a generar elementos tóxicos, ya que, se exponen a procesos fisicoquímicos que los transforman. (Mejía, Giraldo & Martínez, 2013, p.110)

**“Todo se va a la basura y esto nos lleva a la eliminación. Esta es la fase de la economía de los materiales que todos conocemos...”
(Leonard, 2007,p.41)**

IMPACTOS AMBIENTALES QUE DE CONSTRUCCIÓN Y DEMO

ÁMBITO

Suelo	La disposición la proliferación getal y la pro
Atmósfera	Al liberar par blemas respi culas son cor cáncer de p
Agua	La inadecua nes por la dis lidad del agu
Flora y fauna	La disposició bertura vege flora y fauna
Calidad del paisaje urbano	El arrojó indis nera impacta la población

E GENERAN LOS RESIDUOS OLICIÓN (RCD)

El final de los residuos en lugares clandestinos puede contribuir a la liberación de partículas contaminantes. Provocando la degradación y contaminación de suelos estériles.

Las partículas tóxicas al contacto con la intemperie, contribuyen a proporcionar al contaminar el aire. El desprendimiento de estas partículas respiratorias para la salud y su inhalación constante pueden provocar problemas de pulmón.

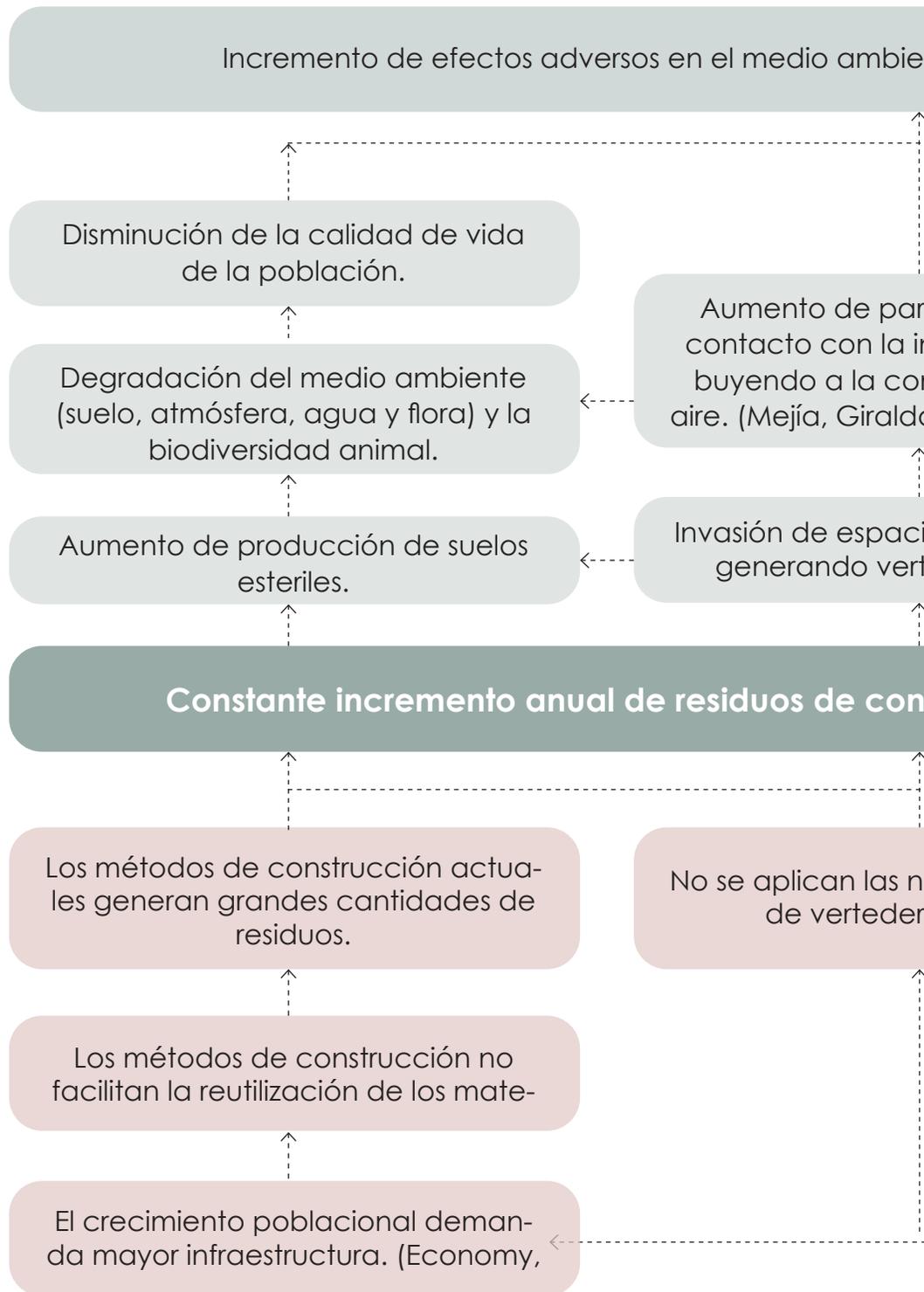
La mala disposición de residuos en ríos pueden ocasionar inundaciones y contaminación del área hidráulica. Degradan significativamente la calidad de los cuerpos de agua.

La disposición de residuos en áreas verdes conlleva a la afectación de la cobertura vegetal existente, lo cual, causa la destrucción parcial de hábitats de especies, disminuyendo la biodiversidad.

La disposición de residuos en parques, o cualquier zona pública, genera impactos negativos en el paisaje urbano, disminuyendo así, la calidad de vida de la comunidad.

Figura 20: Tabla de impactos ambientales. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ÁRBOL DE PROBLEMAS



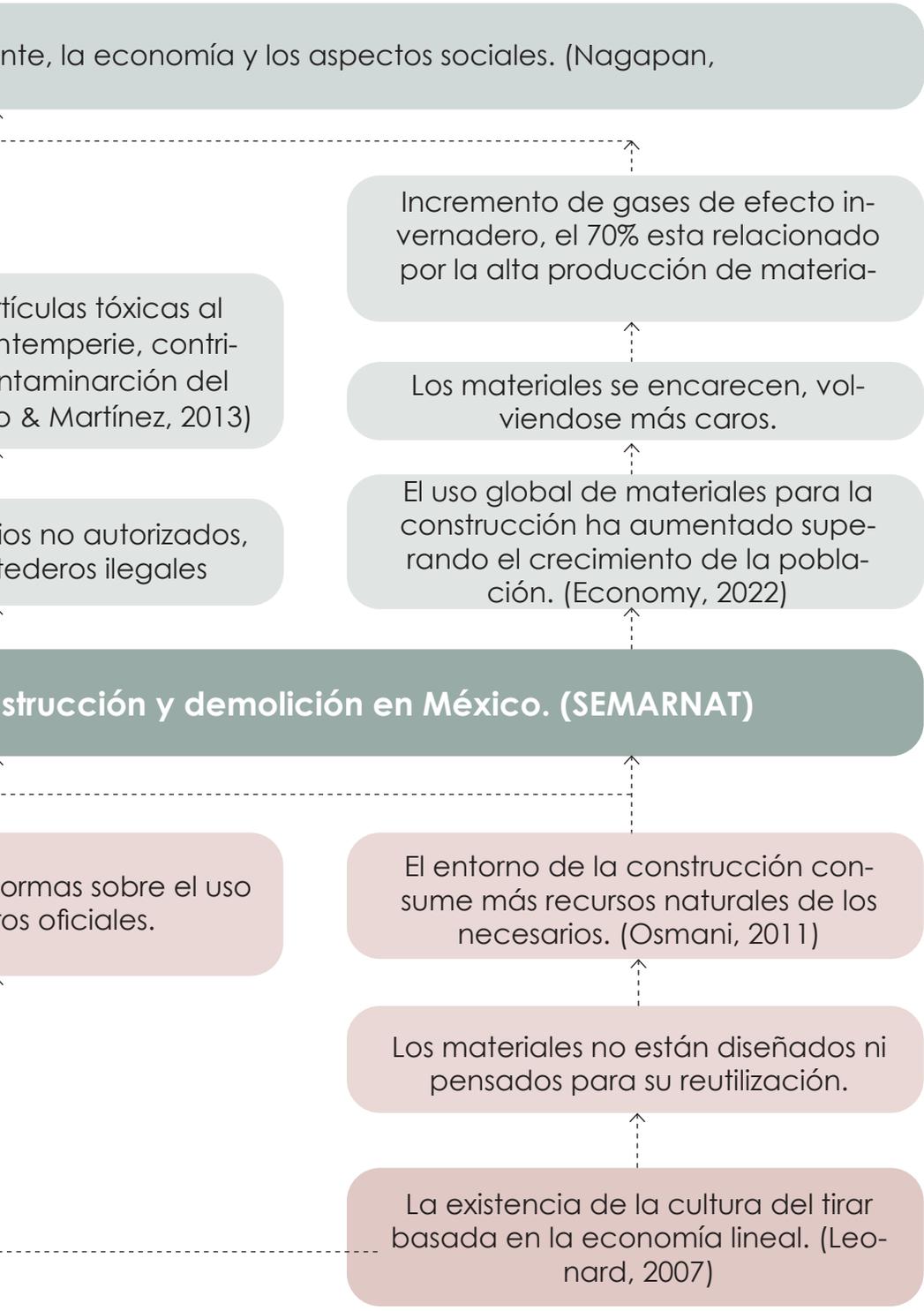


Figura 21: Árbol de problemas. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CITAS RELACIONADAS C

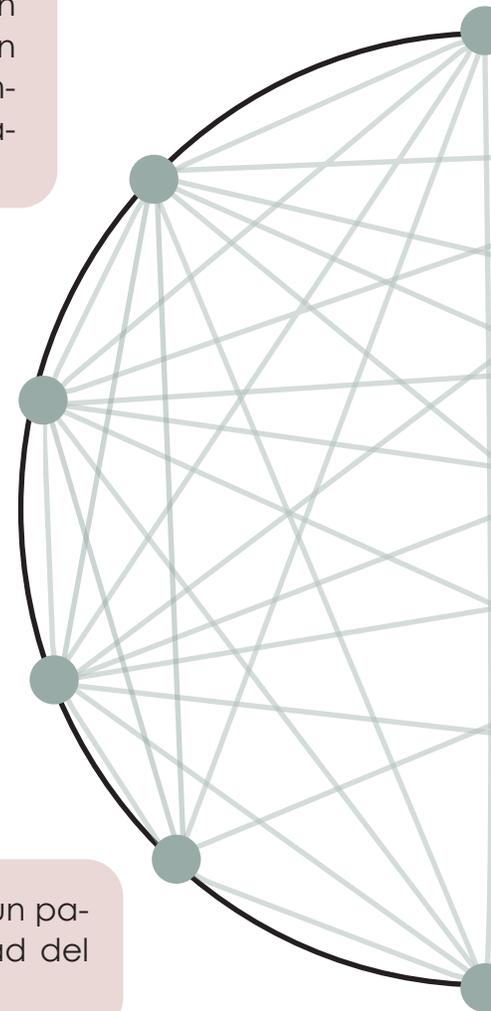
La falta de uso de una definición armonizada de términos para la recolección de residuos y la falta de regulación son factores que conducen a incertidumbres en los datos estadísticos nacionales sobre residuos. (NIRAS, 2020)

Se ha estimado que el 33% de los materiales desperdiciados se debe a que los arquitectos no diseñan los residuos. (Osmani, 2011)

Los residuos de la construcción también se consideran residuos evitables, que pueden prevenirse, reutilizarse o reciclarse, pero no enviarse a vertederos ni a recuperación energética. (Mamo, 2023)

La industria de la construcción juega un papel protagonista en mejorar la calidad del entorno construido. (Osmani, 2008)

La industria de la edificación y construcción es responsable de generar el 25% de los residuos generados a nivel mundial. (Benachio, 2020)



La construcción es una industria muy fragmentada, y la división entre diseñadores y contratistas al separar las etapas de construcción aumenta el desperdicio de materiales y reduce el rendimiento del edificio. (Ezzat, 2011).

CON LA INVESTIGACIÓN

ación y la cons-
de alrededor del
nerados a nivel
o).

La construcción adopta mayoritariamente un modelo económico lineal de “tomar, fabricar, disponer”, utilizando materiales para la construcción de edificios y desecharlos al final de su vida útil, ya que se ensamblan para un solo uso y no conservan el potencial de reutilizar. (Fritz, Duarte, Tavares, 2020)

La gestión de materiales es una función de coordinación responsable de planificar y controlar el flujo de materiales. (Gulghane, 2015)

Los desechos de la construcción tienen efectos adversos en el medio ambiente, la economía y los aspectos sociales. (Nagapan, 2012)

Los métodos de construcción, la colaboración en la cadena de valor y multas en las regulaciones son algunos de los posibles impulsores identificadas para la prevención de residuos y el aumento de la tasa de reutilización y reciclaje. (Mamo, Fjellheim, Venas & Tautra, 2023)

gmentada. Tiende a crear una división
rar el diseño de la construcción, esta
nstrucción y obstaculiza la mejora del

Figura 22: Citas relacionadas. *Elaborado por Jessica Morales Magaña.*

CAPÍ

0

ANTECE

TULO

2

EDENTES

INSPIRACIONES EN LA ANTIGÜEDAD

El origen de generar construcciones más sostenibles se remonta a prácticas ancestrales de ciertas culturas que utilizaban materiales y técnicas respetuosas con el medio ambiente para las construcciones de sus viviendas y edificaciones. Una de las culturas de suma importancia que fue la pionera de el reciclaje de materiales para la construcción fue la antigua roma, pues se ha demostrado por investigadores que existen edificaciones donde se puede observar que se reutilizaban los materiales, principalmente piedra, mármol y cerámica.

En la antigua roma los materiales eran considerados como valiosos y nunca los vieron como algo desechable. Primeramente, los romanos fueron los primeros en implementar un sistema de recolección de basura. En cuestión de construcción, los romanos recolectaban los materiales cuando las edificaciones estaban en ruinas y los llevaban a unos depósitos que según investigadores “estos lugares no eran vistos como vertederos sino como espacios pensados para materiales que los propios habitantes pretendían reutilizar y querían tener a la mano” (G.M., 2020), pues estos espacios se ubicaban dentro de las ciudades cerca de zonas habitacionales. Estos espacios eran importantes para los romanos; ya que, ellos le daban prioridad a la reutilización de residuos en vez de desecharlos.

Se tiene registró que la ciudad de Pompeya fue construida en base a materiales reutilizados. Las excavaciones de la antigua ciudad han sacado a la luz que contenía ubicaciones de depósitos de materiales para su reutilización. Este estudio demostró que el reciclaje tomaba un papel importante en la construcción de las ciudades romanas. Además, de que probablemente existían gremios de especialistas en demoliciones y en el suministro de materiales de construcción de segunda mano. (Fant, Russell & Barker, 2013)

Estos materiales para el reciclaje dependían de los diferentes momentos que se vivía en las ciudades para contar con gran o poca cantidad de estos. Las principales fuentes de recolección fueron los proyectos de demolición a gran escala, así como los desastres naturales como terremotos. De esta manera los romanos recuperaban paneles de mármol, pisos dañados, azulejos, piedra, metales, entre otros. Estos materiales se utilizaban para construcción, restauración y remodelación de diferentes edificaciones. Para los historiadores es claro que había suficiente demanda de estos materiales de segunda mano para que valiera la pena que los constructores rescataran todo ese material. (Fant, Russell & Barker, 2013)

Análisis realizados en Pompeya han demostrado que la ciudad fue construida en su mayoría con materiales de segunda mano, alrededor de 700 piezas de mármol muestran signos de trabajo o uso anterior. También, 54 piezas de mármol conservan restos de óxido o clavos de hierro que se asocian con su uso original, que probablemente fue como revestimiento en paredes.

En general, estos materiales de construcción de segunda mano tenían formas irregulares porque estaban rotos, difícilmente las piezas estaban completas. Sin embargo, la técnica de reciclaje consistía en generar recortes estratégicos en las piezas, para poder construir de una forma más eficiente, y estas se unían con mortero.



Figura 23: Reciclaje antigua Roma.
(Fant, Russell & Barker, 2013)

La inspiración en Roma para este proyecto no sólo se encuentra en sus técnicas de reciclaje, sino además en los materiales que utilizaban para sus sistemas constructivos. Para el proyecto se busca reciclar los escombros, pero siendo necesario otros elementos el objetivo principal es utilizar materiales de bajo impacto ambiental. Por esta razón, a continuación, se enlistan algunos materiales utilizados por los romanos en sus construcciones que hicieron que estas fueran de bajo impacto y duraderas.

- La piedra fue un elemento indispensable para la construcción, se utilizaba en grandes formatos para sillares, capiteles, fustes, relieves y cornisas. Por ser un material que se extraía de su entorno y su gran durabilidad fue de los más utilizados en la construcción.
- El mármol fue utilizado para la arquitectura y escultura, era un material considerado de lujo utilizado principalmente en monumentos y templos, convirtiéndolo en un elemento culturalmente significativo.
- La cal que se obtiene como resultado de la calcinación de rocas calizas que contienen carbonato de calcio. Se utilizaba para unir materiales.
- El cemento que realizaban a base de una mezcla de caliza y arcillas, que generaban una pasta blanda que se endurecía al secar.
- EL ladrillo de arcilla hechos con moldes de madera que eran secados al sol se utilizaba para la construcción de edificios más pequeños.

(Adam, 1984)

TÉCNICAS

A continuación, se mencionan dos técnicas que fueron innovadoras en el área de la construcción del imperio romano. Se analizaron como inspiración para el desarrollo del proyecto, al hablar de una intersección entre el legado histórico y la innovación contemporánea, se encuentran estas técnicas que ayudaron a la construcción de monumentos duraderos y funcionales, los cuales, han perdurado a través de los siglos.

Este proyecto se adentra en la rica herencia de las técnicas constructivas romanas, pero no como un ejercicio meramente histórico. Más bien, se propone mirar hacia atrás para avanzar hacia adelante, tomando como punto de partida los escombros. Los escombros, a menudo vistos como desechos, representan un desafío y una oportunidad en nuestro tiempo, donde la gestión de residuos y la creación de soluciones sostenibles son imperativos ineludibles.

Exploraremos cómo los romanos se las arreglaron para crear estructuras duraderas y funcionales utilizando recursos locales y técnicas innovadoras. A través de un análisis detallado de sus métodos, buscaremos extraer principios fundamentales que puedan aplicarse en la actualidad para transformar los escombros en nuevas materialidades de valor arquitectónico y ecológico. Al hacerlo, aspiramos a honrar la visión de los romanos mientras abrazamos la tecnología y la conciencia ambiental del siglo XXI.

COCCIOPESTO

El cocchiopesto es un término que se refiere a una mezcla de mortero o cemento que los antiguos romanos solían utilizar en la construcción. Se compone de cal, arena y fragmentos de cerámica o ladrillos rotos. Esta mezcla se utilizaba como material de construcción para revestir paredes, pavimentos y otras estructuras. La práctica de utilizar fragmentos de cerámica o ladrillos rotos en la mezcla de mortero permitiría una mayor resistencia y durabilidad en comparación con otros métodos de construcción de la época.

Si bien no existe una fecha exacta para el inicio del uso de cocchiopesto por parte de los romanos, se sabe que este tipo de técnica de construcción fue parte integral de sus habilidades arquitectónicas y de ingeniería. Se utilizó a lo largo del período romano y fue un componente importante en la construcción de muchas de las estructuras icónicas de la antigua Roma.

Esta técnica tenía múltiples ventajas como son:

- **Durabilidad:** al contener fragmentos que lo hacían más resistente lo hacía perfecto para utilizar en grandes construcciones, que hasta hoy en día siguen intactas.
- **Resistencia:** tiene una mayor resistencia a la compresión y la tensión. Esto hacía que el cocchiopesto fuera adecuado para la construcción de muros, pavimentos y otros elementos arquitectónicos.
- **Adherencia:** La mezcla de cal y arena proporciona una buena adherencia a las superficies, lo que facilita la unión del cocchiopesto a los materiales de construcción existentes, como ladrillos o piedras.

- Transpirabilidad: significa que permite el paso del vapor de agua, esto es beneficioso para prevenir la acumulación de humedad dentro de las estructuras y ayuda a mantener un ambiente más saludable en el interior.
 - Flexibilidad: tiene cierta flexibilidad que le permite adaptarse a movimientos menores en las estructuras sin agrietarse fácilmente.
- Aislamiento térmico: lo que significa que puede ayudar a regular la temperatura en el interior de los edificios, proporcionando cierto nivel de confort térmico.

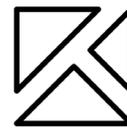
Fórmula:



Cal



Arena



Fragmentos de
ladrillos o cerámica

ARGAMASA

Otra técnica que desarrollaron los romanos fue la argamasa, la cual, utilizaban de manera extensiva en sus obras arquitectónicas. La argamasa que usaban generalmente estaba compuesta por una mezcla de cal, arena y agua. Esta argamasa la utilizaban para la unión de piedras y ladrillos en la construcción, permitiendo que soportaran el peso y la presión del agua.

La argamasa la utilizaron en la construcción de acueductos, templos, anfiteatros, entre otros. Por otro lado, también la utilizaban como revestimiento, el cual, se aplicaba sobre ladrillos o piedras para dar una apariencia más uniforme y proteger las superficies de la intemperie.

Dentro de las ventajas de la utilización de la argamasa se encuentran:

- **Unión de Materiales:** La argamasa permitía a los romanos unir de manera eficiente piedras, ladrillos y otros materiales de construcción. Esto les permitía crear estructuras más grandes y estables que eran esenciales para el desarrollo de ciudades y la infraestructura en el Imperio Romano.
- **Versatilidad en la Construcción:** La capacidad de crear una unión fuerte entre diferentes tipos de materiales les permitió a los romanos ser más flexibles en la elección de materiales para sus proyectos. Podían usar piedras de diferentes tamaños y formas, lo que facilitaba la construcción de estructuras sólidas y resistentes.
- **Distribución del peso:** La argamasa ayudaba a distribuir de manera uniforme el peso y la carga entre las piedras o ladrillos, lo que contribuía a la estabilidad y la durabilidad de las estructuras.

Fórmula:



Cal



Arena



Ceniza volcánica



Agua



Figura 24: Coliseo romano.

Fuente: Pexels.



ECONOMÍA CIRCULAR

Para este proyecto un aspecto importante es generar un diseño comprometido a contribuir a la reducción del impacto ambiental que ha generado el área de construcción con el uso de materiales. Se identificó como un área de oportunidad el aprovechamiento de residuos de construcción para generar nuevos materiales, es decir, prolongar la vida útil como la reutilización de los mismos. Se busca tomar decisiones sobre el diseño para que este sea económico, social y ambientalmente comprometido. Para lograrlo se investigó sobre la economía circular, para así decidir que aplica para el desarrollo de este proyecto.

Actualmente, la sociedad enfrenta varios desafíos relacionados con el medio ambiente, entre estos se encuentran la búsqueda de un futuro sostenible, la resolución del agotamiento de los recursos naturales y la disminución o erradicación de la contaminación. La economía circular es un concepto económico y ambiental que busca cambiar la forma en que los recursos son utilizados en la sociedad. A diferencia del modelo económico lineal tradicional, donde se extraen recursos naturales, se producen bienes, se utilizan y luego se desechan como residuos, la economía circular busca reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en el uso de recursos.

En una economía circular, los productos y materiales se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible a través de estrategias como la reutilización, el reciclaje, la reparación y la remanufactura. En lugar de considerar los productos como objetos desechables, se fomenta la idea de prolongar su vida útil y minimizar la generación de residuos. Esto no solo tiene beneficios ambientales al reducir la extracción de recursos naturales y la acumulación de desechos, sino que también puede generar oportunidades económicas al impulsar industrias relacionadas con la reutilización y el reciclaje. (Helen Kopnina & Kim Poldner, 2021)

Las cinco posiciones de la economía circular se pueden mapear en una línea de tiempo de perspectivas de creación de valor que enlaza a diferentes escuelas de pensamiento económico:

1. Transformación: basado en la transformación de las mercancías, es decir, la extracción y conversión de materias primas.
2. Reciclaje: del reciclaje de productos o repuestos ya existentes, o buscando el valor “sobrante” en las materias primas (nota: materias primas son materias primas o productos agrícolas primarios. se preocupan materiales que han recibido su primera etapa de procesamiento industrial y están disponibles para otras aplicaciones industriales, por ejemplo, hierro mineral transformado en acero o petróleo crudo en gasolina)
3. Circularización: organizando la retención de valor a través de bucles, lo que lleva al concepto de la economía circular basada en la longevidad (de los materiales) y sustitución.
4. Regeneración: organizando la regeneración que conduce a un enfoque de upcycling para materiales y la mejora de la infraestructura biológica como entero
5. Restauración: restaurando, desde una perspectiva integral, el hábitat natural, cohesión social y bienestar económico. (Helen Kopnina & Kim Poldner, 2021)

La verdadera incubadora del concepto de economía circular tiene sus orígenes en los principios de la década de 1960. Esta subdisciplina ha involucrado varias disciplinas como economía, ambientalismo, filosofía, química, entre otras. Con el paso del tiempo, este concepto ha evolucionado con el aporte de varias corrientes.

Con base en las publicaciones y actividades relacionadas, varias personalidades de varios antecedentes podrían ser considerados como los padres fundadores de la modernidad economía circular. La lista incluye:

Kenneth E. Boulding

1966: Artículo "The Economics of the Coming Spaceship Earth"

Concepto: la tierra como recurso limitado

Karl-Goran Maler

1974: Libro "Environmental Economics: A Theoretical Inquiry"

Concepto: relación entre economía, medio ambiente, consumo y bienestar.

Herman E. Daly

1992: Artículo "Allocation, distribution and scale: toward an economics that is efficient, just, and sustainable"

Concepto: la tierra como recurso limitado

David W. Pearce y R. Kerry

1990: Libro "Economics of Natural Resources and the Environment"

Concepto: interacciones entre la economía y el medio ambiente

Braden R. Allenby

1992: Artículo "Achieving sustainable development through industrial ecology"

Concepto: ecología industrial

John T. LyleTurner

1994: Libro "Regenerative design for sustainable development"

Concepto: diseño regenerativo

Timothy O’Riordan

1981: Libro “Environmentalism”
Concepto: ideología verde

Tom Tietenberg

1984: Libro “Environmental and Natural Resource Economics”
Concepto: problemas ambientales y desafíos globales

Robert A. Frosch y Nicholas E.

1989: Artículo “Strategies for Manufacturing”
Concepto: sistema industrial eco-sistema

Walter R. Stahel

1986: Artículo “Product life as a variable: the notion of utilization”
Concepto: “bucles en espiral”, minimizando el flujo de materia y energía

William A. McDonough y Michael Braungart

2002: Libro “Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things”
Concepto: principios circulares

Ellen Macarthur

2015: Fundación Ellen Macarthur
Concepto: economía circular

Figura 25: Antecedentes de la economía circular. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Algunos de los retos que busca lograr la economía circular son:

- Maximizar el uso de los recursos, prolongando la vida útil de la materia prima.
- Ahorro de costos de materiales y reducción de la volatilidad de los precios.
- Minimizar el consumo energético y la generación de residuos.
- Permitir nuevos modelos de negocio e involucrar tanto a los fabricantes como a los consumidores en los problemas de la cadena de suministro para desarrollar soluciones más efectivas.
- Evitar la generación de residuos a lo largo de las etapas del ciclo de vida de la producción y el consumo pueden ayudar a evitar la pérdida de recursos y los impactos ambientales asociados con la gestión de residuos.

La economía circular se ha considerado como una respuesta a los desafíos ambientales y económicos que presenta el modelo lineal. Esta filosofía ha ganado atención en los últimos años como una forma de abordar cuestiones como el agotamiento de recursos, la contaminación del medio ambiente y el cambio climático.

ECONOMÍA LINEAL



Figura 26: Diagrama de fases de la economía lineal.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ECONOMÍA CIRCULAR

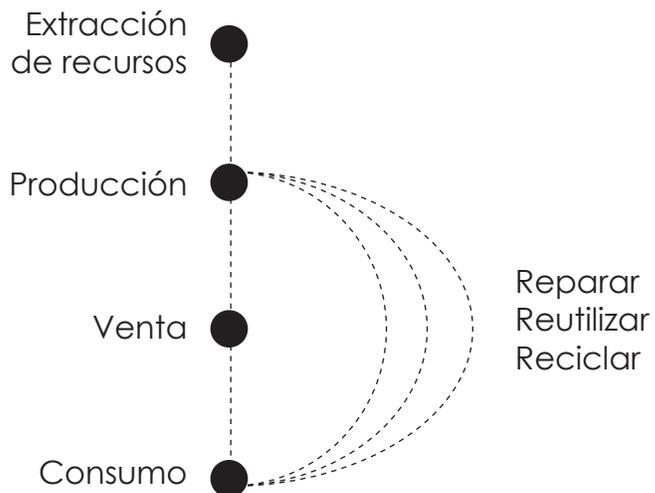


Figura 27: Diagrama de fases de la economía circular.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CRADLE TO CRADLE

“Cradle to Cradle” (C2C) es un enfoque de diseño y filosofía de gestión que busca crear productos y sistemas que sean regenerativos y sostenibles desde su concepción hasta su fin de vida. Fue desarrollado por el arquitecto William McDonough y el químico Michael Braungart, y se presenta en su libro del mismo nombre, “Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things”, publicado en 2002.

La idea principal detrás del concepto “Cradle to Cradle” es reimaginar la manera en que los productos se diseñan, producen y consumen, en contraste con el enfoque tradicional de “Cradle to Grave”, donde los productos son diseñados con un ciclo de vida limitado y terminan convirtiéndose en desechos, en este modelo el consumidor tira los productos sin tener la opción de reutilizarlo; ya que, en muchas ocasiones el producto no está diseñado para su reparación y/o reutilización. Cradle to cradle busca la eco-efectividad por medio de los principios:

- Los productos se diseñan utilizando materiales que son seguros para la salud humana y el medio ambiente, tanto durante su fabricación como después de su descarte.
- Los productos se diseñan de manera que sus componentes y materiales puedan ser reciclados o reutilizados en nuevos productos, creando ciclos de materiales cerrados en lugar de generar desechos.
- Uso de energía limpia en los procesos de producción, reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables y minimizando las emisiones de carbono.
- Los productos se diseñan con la posibilidad de tener múltiples usos o funciones a lo largo de su ciclo de vida, lo que prolonga su utilidad y reduce la necesidad de nuevos productos.
- Se busca diseñar productos que se adapten a las necesidades cambiantes y que puedan ser fácilmente actualizados o mejorados en lugar de ser descartados.

UPCYCLING

El término “upcycling” se atribuye a Reiner Pilz, un ingeniero alemán, quien en 1994 en una entrevista con Thornton Kay introdujo el término “upcycling” para describir la práctica de mejorar la calidad y la utilidad de los materiales reciclados. Desde entonces, el término se ha utilizado ampliamente para describir la transformación creativa y la reutilización de materiales para crear productos de mayor valor o utilidad.

Por lo tanto, el upcycling es un término que se refiere a la práctica de transformar productos o materiales desechados en objetos de mayor valor o utilidad sin la necesidad de un proceso de reciclaje convencional. A diferencia del reciclaje tradicional, que implica descomponer los materiales para crear nuevos productos, el upcycling busca dar nueva vida a los elementos existentes de manera creativa y original.

El proceso de upcycling implica tomar elementos que podrían requerir basura o desperdicio y reutilizarlos de manera innovadora para crear algo nuevo y valioso. En lugar de simplemente desechar estos elementos, se les da una segunda oportunidad al convertirlos en algo que puede ser apreciado por su diseño, utilidad o significado.

El upcycling fomenta la creatividad y la sostenibilidad al reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos y al mismo tiempo alargar la vida útil de los materiales. También puede tener beneficios económicos al permitir la creación de productos únicos y personalizados sin necesidad de adquirir nuevos materiales.

DISEÑO SOSTENIBLE

En las últimas décadas el diseño enfocado en la sustentabilidad ha evolucionado, con el propósito de innovar y mejorar los productos desde un enfoque sociotécnico. El concepto de la sustentabilidad ha evolucionado desde una visión dinámica y móvil, relacionada con la comprensión del ser humano de las interdependencias entre los sistemas sociales y ecológicos. Con el deterioro cada vez más rápido de los exosistemas aumenta la urgencia por mitigar este deterioro y no contribuir a que siga aumentando, el diseño ha sido parte de las nuevas acciones que han surgido para mejorar esta situación.

La innovación por medio del diseño ha evolucionado a través del tiempo, estos niveles de innovación de Cheskin se clasifican en:

- Nivel de innovación del producto: enfocado a mejorar o desarrollar nuevos productos.
- Nivel de innovación del sistema producto – servicio: va más allá de los productos individuales, se enfoca en generar productos integrales.
- Nivel de innovación espacial – social: aquí el contexto de innovación es humano, enfocado a los asentamientos de comunidades.
- Nivel de innovación del sistema sociotécnico: se centra en promover cambios radicales de diseño en base a las necesidades sociales.

Cada una de estas clasificaciones tiene sus fortalezas, limitaciones y desafíos, además de que engloban diferentes aspectos que han tenido lugar a través del tiempo.

Diseño verde

Se remonta a Buckminster Fuller con las primeras preocupaciones sobre las limitaciones de los recursos y el impacto de la industria. Se introduce el término “verde” enfocado a mejorar el desempeño ambiental de los productos. Contempla principalmente ideas políticas, la preocupación por el medio ambiente y la idea de enverdecer a nivel comercial los productos en el mercado.

Este enfoque es meramente superficial, ya que, las prácticas industriales y comerciales no sufren ningún tipo de alteración, por ende, no existen cambios significativos para el medio ambiente. Algunos conceptos relacionados con el diseño verde son: reciclar, reutilizar y reducir. (Cheschin, 2016)

Ecodiseño

Este concepto tuvo una diferencia significativa, ya que, cuenta con un enfoque en el ciclo de la vida de los productos, desde su extracción de recursos hasta su disposición final. El ecodiseño permite perfilar el impacto que tienen los productos en todas sus fases en el medio ambiente, incluso identificar que fase es la de mayor impacto. El objetivo principal del ecodiseño es minimizar el consumo de los recursos naturales y la energía para reducir el impacto ambiental que produce la industria.

Evalúa, analiza y busca reducir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto o sistema. Nos conduce hacia una producción sostenible y un consumo más consciente de los recursos. Los conceptos relacionados con el ecodiseño son: ciclo de vida, más por menos, de la cuna a la tumba y ecoeficiencia.

Por otro lado, una de las deficiencias del ecodiseño es que carece de complejidad al centrarse únicamente en el desempeño ambiental, ignorando las dimensiones sociales de la sostenibilidad. (Cheschin, 2016)

Diseño sustentable

Engloba la innovación tecnológica y la social, se enfoca en el diseño que genera cambios radicales en los elementos tecnológicos pero que también logre resolver problemas sociales. Este diseño involucra una comprensión más amplia de una situación actual para generar cambios más efectivos.

Además, este diseño se rige por: " el uso estratégico el diseño para satisfacer las necesidades actuales y futuras del ser humano sin dañar el medio ambiente". Busca diseñar productos, procesos, servicios o sistemas para resolver el desequilibrio entre las exigencias de la sociedad, el medio ambiente y la economía.

Diseño regenerativo

Este diseño utiliza procesos que restauran, renuevan o revitalizan sus propias fuentes de energía y materiales. Este diseño deja de tener como centro al ser humano y lo sustituye por la vida. Este diseño también analiza los ciclos de vida entendiendo los procesos, los impactos ambientales, sociales de uso y los posibles fines de vida.

Su objetivo es implementar sistemas productivos sostenibles en los que los flujos de materiales y energía estén diseñados para que los residuos de un proceso productivo se conviertan en insumo para otros procesos, evitando desperdicios que puedan dañar el medio ambiente. Se trata de diseñar y planificar los flujos en un sistema complejo.

Esta evolución de conceptos ha permitido tener mayor conocimiento y experiencia en el diseño, que en conjunto aportan más herramientas a los diseñadores para crear sistemas más eficaces y con menor impacto ambiental. (Cheschin, 2016)

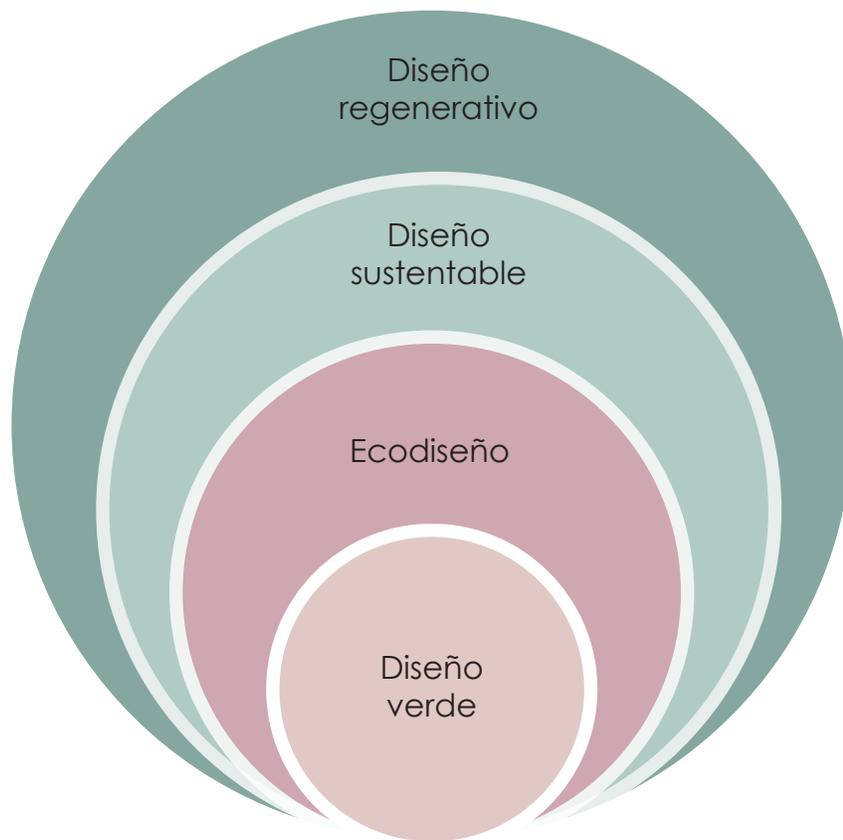


Figura 28: Diagrama de niveles en el diseño sostenible.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Imperio romano

S. VIII A.C.

construcción de Pompeya con materiales de reciclaje

técnica de cocciópesto por los romanos

técnica de argamasa por los romanos

Primeros registros de técnicas de reciclaje en la construcción en Roma. Siendo los pioneros en la reutilizaban materiales de construcción y crearon técnicas como el cocciópesto, la argamasa y la utilización de la cal.

Revolución industrial

1760

1798

1824

1840

Thomas Malthus "Ensayo sobre el principio de la población"

Invencción del cemento portland

Etapa que se caracterizó por la estandarización en general, promoviendo nuevos materiales y a elementos prefabricados. También fue una etapa donde se impulsó gravemente la contaminación por las emisiones de gases.

1969 197

Movim
basura

Término "desarrollo sostenible" por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Etapa donde se se
nuevas líneas de
los primeros términos
concientización

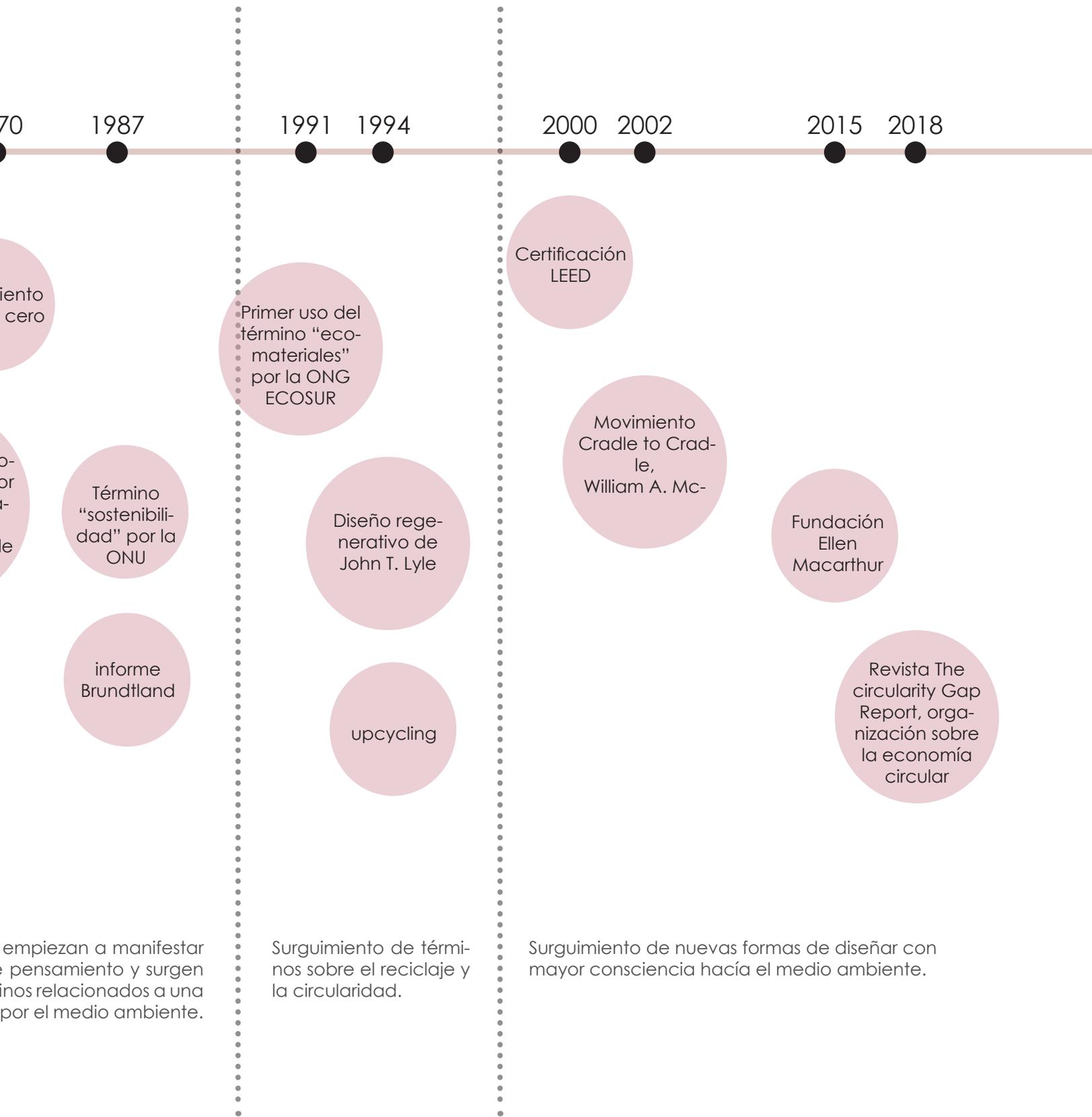


Figura 29: Línea de tiempo de relación de conceptos. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

REFERENCIAS EN DISEÑO

En este apartado del estado del arte consiste en una investigación relacionada con los procesos de diseño de nuevas materialidades a base de residuos de construcción. Se presentan algunos proyectos relacionados con la elaboración de materiales usando residuos de construcción de diferentes tipos. En estos ejemplos se puede observar un interés por la búsqueda de la innovación y aportación al medio ambiente. Estos proyectos buscan combatir la contaminación y crear nuevas oportunidades de materialidad utilizando residuos como materia prima, combatiendo las prácticas tradicionales del diseño de materiales. Esta recopilación de información ayudó a entender diversos enfoques, tendencias y procesos al momento de diseñar los nuevos materiales.

Al entender a detalle estos proyectos, ayudará a entender algunos antecedentes de estudio que han existido sobre el tema. Se analizará a profundidad sus estrategias, objetivos, elementos importantes y su metodología de diseño. De esta manera, se obtendrán más herramientas para el tema de investigación a desarrollar. Las características a analizar de cada proyecto son:



Figura 30: Características a analizar.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

LOOP DISSENY

INSTITUTO DE INNOVACIÓN EMPRESARIAL DE ILLES BALEARS I ESPAÑA

I 2020

Los diseñadores de este proyecto tenían muy claro que las ciudades se llenan de materiales de desecho y que la necesidad de reutilizar los recursos existentes se ha convertido en clave para combatir el aumento de la producción de residuos. En la Unión Europea más de un tercio de residuos provienen de la construcción y demolición, que contienen diferentes materiales como vidrio, concreto, ladrillos y cerámica. De esta realidad surgió el proyecto Loop Disseny, el cual busca impulsar la implementación de la economía circular del diseño como elemento estratégico, se enfoca en reutilizar materiales existentes y transformarlos en recursos para la creación de nuevos productos. Su principal objetivo es contribuir a minimizar el impacto ambiental. (Prieto, 2022)

Plantea cuatro principios fundamentales como estrategias de diseño:

- Circularidad
- Reutilización
- Transformación
- Proximidad



Figura 31: Loop disseny
(Prieto, 2022)

Loop Disseny utiliza una combinación de residuos cerámicos y piedra reciclada con cemento natural de bajo impacto que crea el material higroscópico. Este material tiene la capacidad de atraer y retener agua del medio ambiente.

Previo a la selección de la cerámica como material principal, un proceso multidisciplinario analizó la producción de residuos de la industria y su potencial. Para lograr el objetivo del producto final, el proceso estudió la relación entre la cerámica y los materiales pétreos como agregados compatibles y el cemento natural como aglomerante de bajo impacto.

Como resultado se obtuvo un mortero higroscópico compuesto por un 85% de cerámica triturada reutilizada con piedra reciclada y un 15% de cemento blanco estabilizado como ligante de bajo impacto. Por su condición higroscópica, el producto obtenido funciona como filtro de agua y regula la humedad del ambiente. El material se utiliza en la pavimentación de redes peatonales, ciclovías, vías no motorizadas y áreas verdes, como una opción alternativa al asfalto en las ciudades. Sus propiedades higroscópicas y drenantes permiten que el agua se filtre de forma natural al suelo, así es captada y retenida en capas inferiores para su posterior. (Prieto, 2022)

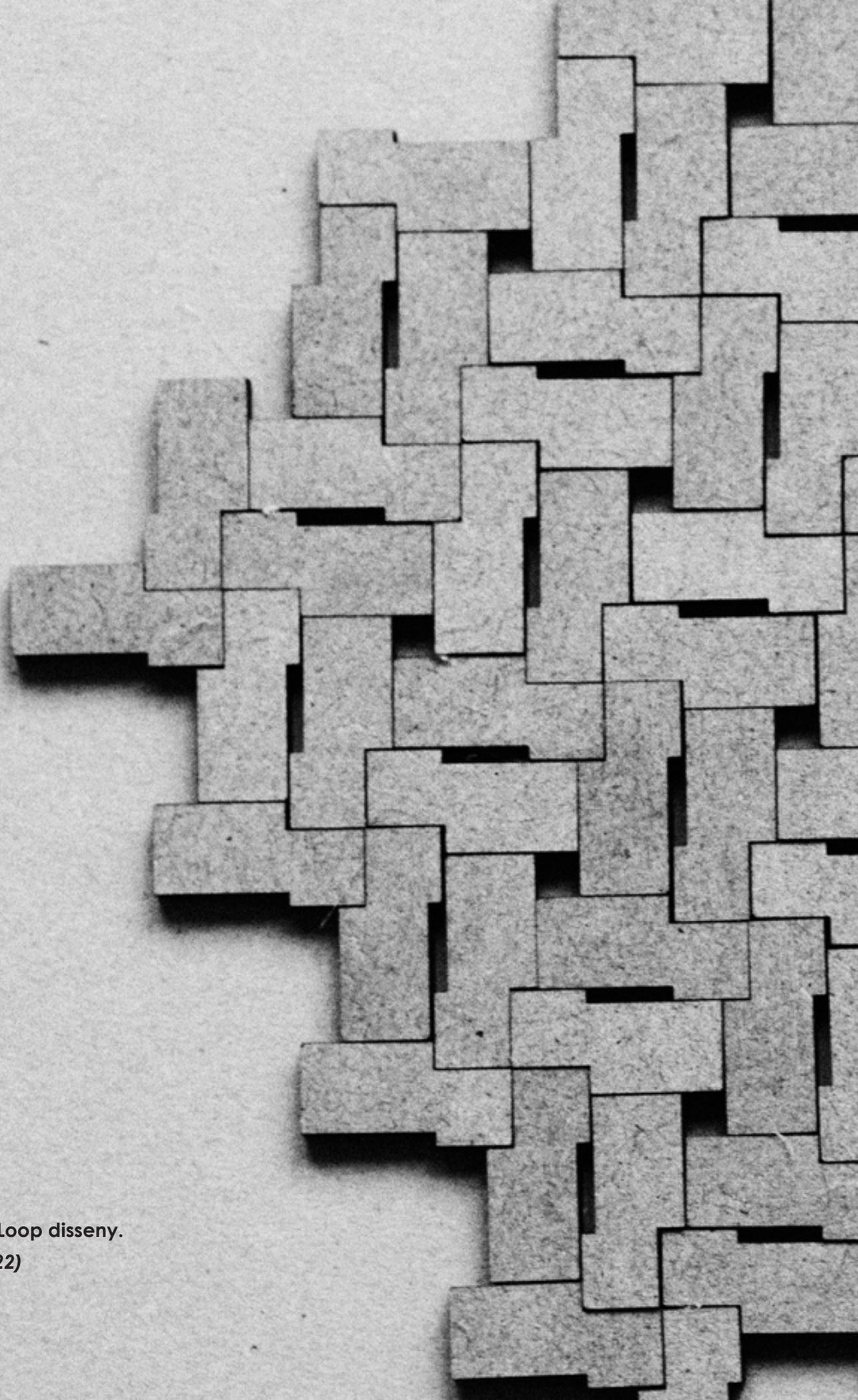


Figura 32: Loop disseny.
(Prieto, 2022)

YI DESIGN

FORM US WITH LOVE | CHINA | 2010

Este proyecto se desarrolló como una búsqueda para ayudar a resolver el problema de la gestión de residuos cerámicos. Los diseñadores observaron que en China cada año se generan 18 millones de toneladas de residuos cerámicos. La cerámica es un material muy utilizado en China para la fabricación de objetos, sin embargo, no existe un tratamiento especial para los residuos. Actualmente, la mayor parte de los residuos se vierten o entierran ilegalmente, además de que este material no es biodegradable. Por otro lado, no existen políticas de gestión de residuos adecuadas para resolver este problema de manera responsable. Estos desechos sólidos no solo consumen muchos recursos de la tierra y energía, sino que también tiene graves emisiones de carbono que superan el estándar y causan daños ambientales significativos. La eliminación de residuos cerámicos se ha convertido en un problema. (Hou, 2022)

De esta problemática surge el proyecto de Yi Design, el cual tiene como objetivos:

- Aprovechar los residuos cerámicos
- Generar nuevas materialidades ecológicas
- Resolver el problema de la gestión de residuos cerámicos
- Contribuir al medio ambiente reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero

Este producto logra utilizar más del 90% de cerámica reciclada. Las baldosas cerámicas recicladas fueron recolectadas, investigadas, trituradas, pulverizadas, mezcladas y probadas en laboratorio.

Los materiales Yi Design están diseñados para reducir emisiones de carbono en comparación a otros productos utilizados en el área de la construcción. Estos ladrillos y tejas son más livianos, resistentes, duraderos y utilizan menos energía para su fabricación. Es un material ecológico con una creciente economía verde, además de que cuenta con certificaciones como Green Circle Certification System. (Hou, 2022)



Figura 33: Yi Design
(Hou, 2022)

BETTER BRICKS

GINGER KRIEG DOSIER | EMIRATOS ÁRABES UNIDOS | 2010

Cada vez hay más pruebas que sugieren que el futuro estará definido por los nuevos usos de los viejos materiales. Un número creciente de diseñadores han llevado a hurgar en el mundo de materiales que tradicionalmente se perciben más como sustancias que como materiales. La producción de cemento tradicional representa el 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono. A medida que la demanda de cemento y concreto continúa creciendo, se vuelve más importante invertir en tecnología que elimine el impacto climático de la construcción. (Lefteri, 2014)

Sin un cambio radical, construir la infraestructura de nuestro mundo destruye nuestra oportunidad de un futuro vibrante. Better Bricks es un proyecto de materiales biofabricados, que tiene como objetivo reducir las emisiones de carbono hasta un 25% para el 2030. Este proyecto inició en el 2010, desarrollado por Ginger Krieg Dosier de la Universidad Americana de Sharjah, el proceso combina diferentes ingredientes para hacer un ladrillo sin el calor intenso generalmente asociado con la fabricación de cerámica. (Lefteri, 2014)

La arena no es un material que esté en el radar de un diseñador, sin embargo, este proyecto desarrollado en los desiertos, utiliza bacterias combinadas con arena, sal y urea de orina animal. Se trata de una nueva generación de ladrillos “cultivados” biológicamente que son duraderos, fabricados de manera sostenible y fáciles de producir a partir de materiales fácilmente disponibles. El material de construcción se puede “cultivar” a partir de arena, bacterias comunes, cloruro de calcio y urea. En lugar de hornearse, lo que consume una tonelada de energía. (Lefteri, 2014)



Figura 34: Better bricks.
(Lefteri, 2014)

Es una solución al enorme impacto ambiental de producir todos los ladrillos que el mundo necesita cada año.

“Nos estamos quedando sin todas nuestras fuentes de energía”

Ginger Krieg Dosier

Este proyecto no sólo muestra un interés por el cambio climático y el impacto negativo que ha tenido el área de la construcción en esta problemática, sino que también, busca innovar en el área de fabricación buscando métodos alternativos que contaminen menos.

El proceso detrás del innovador ladrillo nuevo se conoce como precipitación de calcita inducida por microbios, estos microbios en la arena cumplen la misión de pegar los granos mediante una cadena de reacciones químicas. Y el producto final es bastante fuerte, se parece a la piedra arenisca pero puede ser tan fuerte como el ladrillo de arcilla cocida o incluso el mármol, dependiendo de cómo esté hecho. (Biomason, 2015)



Figura 35: *Better bricks*
(Biomason, 2015)

ECOLADRILLOS

MÉXICO | INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM | 2015

“Elaborar edificios a partir de materiales que causen un menor impacto en el medio ambiente, es posible.”

Dra. Neftalí Rojas Valencia

En México se generan diariamente alrededor de 33 mil 600 toneladas de residuos de construcción, lo que significa que al año se desechan 12 millones de toneladas. Tan sólo en el Distrito Federal, se generan 7 mil toneladas de desperdicio urbanos al día, por lo que se busca disminuir este tipo de residuos de manera considerable.

Este fue el principal objetivo del proyecto de ecoladrillos, busca contribuir a reducir la contaminación causada por la construcción y generar un material asequible para todos por ser de menor costo que el ladrillo convencional. Este grupo de investigadores fue encabezado por la Dra. Neftalí Rojas Valencia del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

El eco-ladrillo, también llamado ladrillo ecológico, es un material alternativo que permite una construcción menos contaminante y más económica que otros sistemas constructivos tradicionales. La materia prima para su elaboración es principalmente arcilla, residuos de madera y residuos de construcción, además del uso del mucílago del nopal como aditivo.

Al ser un material que busca reducir la contaminación, responde a criterios ecológicos y sostenibles, ya que se requiere un bajo nivel de energía para su fabricación y se elimina la emisión de CO₂ a la atmósfera al ser ladrillos que no requieren cocción. (Valencia, 2015)



Figura 36: Ecoladrillos
(Valencia, 2015)

El ecoladrillo puede ser utilizado en la construcción de muros interiores y en construcciones, puede ser empleado como sustituto del ladrillo convencional. Como cualquier muro en la construcción requiere la utilización de refuerzos como castillos y cadenas.

La estrategia de diseño en este proyecto fue crear un método de fabricación que no requiriera cocción en el horno. Esto se logró utilizando el mucílago del nopal como aditivo. Por ende, se debe exponer al aire libre durante un periodo de dos a tres días soleados y sin lluvia para su secado. Pasado este los ecoladrillos se trasladan a un secador solar, el secador se mantiene en todo momento expuesto directamente a los rayos solares durante un periodo de diez días, el cual puede disminuir de acuerdo según el estado del tiempo.

Cabe destacar que los eco-ladrillos están evaluados técnicamente a través de pruebas basadas en la normatividad mexicana, como son pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y las de absorción de agua. (Valencia, 2015)

“Estos ladrillos tienen además un costo-beneficio, ya que cada uno tiene un precio de 1.63 pesos porque es un trabajo artesanal, hecho a mano, su monto sería 33% más bajo que los ladrillos rojos convencionales que ya hay en el mercado.” (Valencia, 2015)

Se realizó una comparativa de precios en el año 2015, el costo por m² de un muro hecho de ladrillo rojo recocido es de \$262.10, mientras que el costo por m² utilizando el ecoladrillo sería de \$175.10. Esto lo convierte en un material asequible para todos, esto es una característica muy importante, ya que en México existe una parte de la población que no tienen recursos y viven al día.

Puntos fuertes del material:

- Eliminación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Disminución de la explotación de bancos de materiales vírgenes.
- Minimiza el coste de adquisición.
- El diseño puede adaptarse al tamaño y forma que se requiera.
- Es un excelente aislante térmico.

STONECYCLING

TOM VAN SOEST | PAÍSES BAJOS | 2011

Este proyecto fue desarrollado por Tom Van Soest cuando estaba en la academia de diseño de Eindhoven, desde su formación académica tuvo la inquietud sobre aprovechar los residuos de construcción al investigar que año con año estos aumentaban considerablemente en los Países Bajos y que sólo una cantidad mínima era reutilizada. En Europa el 35% de los residuos anuales provienen del área de la construcción, además de que, esta área es la responsable de generar un tercio de todas las emisiones de Co2 en Europa.

Fue hasta el 2015 que Tom lanzó su línea de WasteBasedBricks, el cual, se trata de materiales hechos a base de residuos de construcción que al generar nuevas texturas y colores pueden ser utilizados para nuevas construcciones.

Este producto está fabricado de un 61% de residuos reciclando 91 kg de residuos por m2. Se trata de un material sostenible que se puede utilizar en interiores y exteriores, los cuales, pueden tener formas y tamaños personalizados. El proceso de su fabricación se basa en los siguientes pasos:

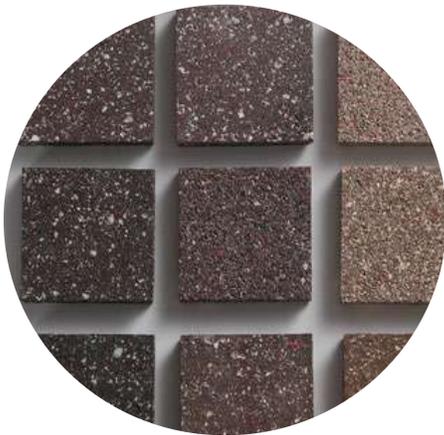
1. Recolección
2. Clasificación
3. Molienda
4. Mezcla
5. Formación
6. Secado
7. Horneado
8. Pruebas

Este proyecto a evolucionado a través del tiempo, ya que, constantemente han modificado la receta base para generar materiales de mayor calidad y durabilidad. Las posibilidades de aplicación son muy amplias, empezando desde tejas, baños o cocinas hasta el suelo o elementos de revestimiento de paredes, alféizares de ventanas o mostradores de cocina. (Hebel, 2014, p.98)



Figura 37: Stonecycling.
(Hebel, 2014)

APORTACIONES



YI DESIGN
2010

- Métodos de fabricación que minimizan gases de efecto invernadero.
- Promueve la economía circular.
- Materiales resistentes y ligeros.



BETTER BRICKS
2010

- Métodos de fabricación que minimizan la cantidad de energía y GEI.
- Experimentación con bacterias.
- Cultivados biológicamente.
- Ladrillo de alta resistencia.



STONEC
20

- Exploración de colores.
- Aplicación en exteriores.
- Formas y texturas personalizadas.
- Diferentes colores.
- Evolución de



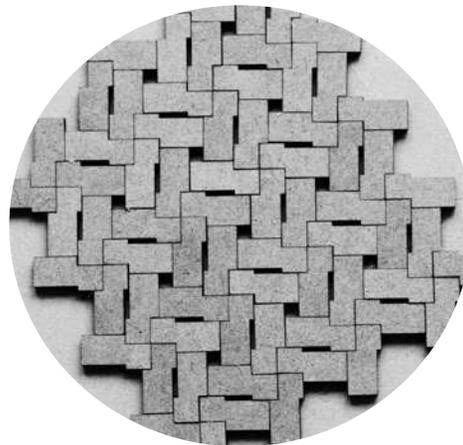
RECYCLING
2011

en texturas y
en interiores y
tamaños perso-
aplicaciones.
e la fórmula.



ECOLADRILLOS
2015

- Materiales asequibles y de bajo costo.
- Métodos de fabricación que minimizan gases de efecto invernadero.
- Utilización de aditivos naturales a base de nopal.
- Ladrillo de alta resistencia.



LOOP DISSENY
2020

- Material higroscópico, filtra el agua y regula la humedad en el ambiente.
- Uso urbano.
- Promueve la economía circular.

Figura 38: Resumen de estado del arte. *Elaborado por Jessica Morales Magaña.*

FILOSOFÍA - PROYECTO

Este capítulo habla de un aspecto fundamental que se ha buscado desde los inicios de este proyecto presentado, el cual, ha sido promover el reciclaje y la reutilización del material que se ha desarrollado. Por lo cual, se toma como filosofía principal para el desarrollo del mismo la economía circular.

Al enfrentarse a los nuevos retos actuales surgen nuevas directrices que buscan mejorar la situación ante ciertas problemáticas sociales y ambientales, siendo un ejemplo claro la economía circular. Esta tendencia se centra en el estudio de la explotación óptima de los recursos naturales para tratar de solucionar la escasez de estos recursos y lo más importante buscar la responsabilidad ambiental.

Para el desarrollo de este proyecto se retoma como eje importante de diseño la economía circular, esto debido a que esta corriente se centra en el ciclo completo de los materiales, productos y servicios. La economía circular analiza y evalúa el ciclo desde la extracción de recursos, la transformación, la distribución, utilización y recuperación. Siendo la última fase la más importante, ya que, rompe con los paradigmas actuales de producción reemplazando la fase final de eliminación por la de recuperación y regeneración de los productos.

La siguiente figura muestra el ciclo que promueve la economía circular, siendo los principales diferenciadores la fase de consumo por promover la reutilización y reparación de los productos, así como las fases de recuperación y reciclado. Es decir, la filosofía se centra en que el producto sea sostenible por sí mismo, sin requerir mayor extracción de materias primas. (Pimenta, 2022)



Figura 39: Pasos que dan forma a una economía circular.
(Pimenta, 2022)

“La economía circular se apoya en una serie de principios. El primero de ellos es el de la preservación y el aumento del capital natural mediante el control de los stocks finitos y el equilibrio de los flujos de recursos renovables. El segundo principio consiste en la optimización del rendimiento de los recursos, que hace posible que circulen en todo momento productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, tanto en los ciclos técnicos como biológicos. Por último, la economía circular se apoya en un tercer principio: el fomento de la efectividad del sistema social en su conjunto mediante la supresión de las externalidades negativas, es decir, de todos aquellos efectos perniciosos para la sociedad por determinadas actividades económicas que no están incluidos en los costes de una mercancía, bien o servicio.” (Pimenta, 2022)

Por ende, este proyecto se centra en promover la economía circular como diferenciador a otros materiales que existen en el mercado en México. Al contar con un modelo de operatividad basado en la economía circular busca mejorar en aspectos ambientales y económicos. Siempre teniendo en cuenta una mejor gestión de los recursos y el uso energético en la producción, con el fin, de prolongar la vida útil del producto.

Este proyecto tiene como principales principios:

- Prolongar la vida útil del producto a través de la reutilización y reciclaje.
- La transformación del modelo operativo a base del enfoque de economía circular.
- Utilización de energías limpias para su fabricación.
- Ser un producto con menor impacto ambiental.

Entendiendo estos principios, se busca que al reutilizar el mismo material se convierta en materia prima para volver a producir nuevos materiales, siendo su operatividad circular siempre promoviendo el uso responsable de los recursos.

Siendo el principal diferenciador en el proyecto la búsqueda de la circularidad inmediata en sitio, es decir, se busca que dentro de una obra de construcción los residuos retornen en la misma obra como materia prima para la generación de las nuevas materialidades. Simplificando procesos de fabricación y traslado, provocando una reducción significativa de costos y de huella de CO₂.



Figura 40: Funcionamiento del proyecto.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CAPÍ

0

DESC

TULO

3

CARTE

DESCARTE A UTILIZAR

Se define un material de descarte como “materiales que no se tienen en cuenta con alguna posibilidad o dentro de algún proceso. Estos materiales se pueden transformar abordándolos como un recurso cotidiano (abundante) que mediante la aplicación de una mentalidad abierta, incluso ingenua, es posible poner patas arriba los sistemas industriales establecidos”. (Seetal Solanski)

En base a los datos recolectados sobre que materiales son los más utilizados en la construcción en México y puntualmente en el contexto inmediato, en este caso Morelia, se concluye que los materiales con mayor factibilidad y viabilidad de recolección son el concreto y el tabique. Por ende, es importante realizar una caracterización de cada uno.

Primeramente, el concreto es un material resultado de la mezcla de cemento, arena, grava y agua. Este tiene la capacidad de ir enriqueciéndose a medida que se activa la reacción química entre el cemento y el agua. En ese sentido, podemos decir que existe concreto fresco y concreto endurecido, y cada uno tiene sus propiedades específicas.

El concreto es considerado un material compuesto, integrado por:

- Piedra caliza
- Arcilla
- Hierro
- Yeso

Estos componentes aportan todas las propiedades características del concreto, entre las cuales, se encuentran:

- Habilidad para moldearse
- Durabilidad
- Resistencia al fuego
- Resistencia a compresión: de 100 a 400 kg/cm² (10 a 40 MPa) para el concreto ordinario.
- Resistencia a flexión: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el

Además de sus propiedades fue importante analizar la forma en que se produce el cemento, como principal componente del concreto, este proceso consta de:

1. Se extrae piedra caliza, utilizando explosivos.
2. Se tritura la piedra caliza.
3. Se agrega arcilla y hierro molido.
4. Para eliminar el agua y los gases del polvo se somete a altas temperaturas en un horno.
5. El resultado llamado Clínker se enfría con grandes ventiladores.
6. Se hace un triturado final, en el cual, se le agrega yeso al clínker. La cantidad de yeso varía según el tipo de cemento que se vaya a fabricar.
7. Se introduce a un molino que contiene unas esferas metálicas que convierten el clínker en un polvo fino.
8. Se empaqueta el cemento final en sacos.

Aunque el cemento no tiene una fecha de caducidad como tal, generalmente tiene una vida útil recomendada que suele estar impresa en el empaque. Por lo general, si se almacena correctamente, el cemento puede durar hasta seis meses después de la fecha de producción.

El tabique rojo es un elemento rectangular utilizado para la construcción de muros, es considerado uno de los materiales más antiguos y populares. Las dimensiones del tabique suelen ser 24 x 12 x 6 cm, aunque se pueden fabricar a un mayor o menor tamaño, todo depende de su uso. El tabique rojo es ligero, pero soporta gran carga y presión, al aplicarse en grupo se logra la edificación de una estructura firme.

El tabique esta compuesto por:

- Tepetate
- Barro
- Aserrín
- Agua

Sus propiedades principales incluyen:

- Resistencia: El tabique rojo recocido tiene una buena resistencia a la compresión, lo que lo hace adecuado para soportar cargas verticales en estructuras de albañilería.
- Durabilidad: Es un material duradero que puede resistir la exposición a condiciones climáticas adversas, aunque su durabilidad puede variar dependiendo del grado de exposición y del proceso de fabricación.
- Aislamiento térmico: Tiene propiedades de aislamiento térmico moderadas, lo que ayuda a mantener una temperatura interior confortable en las estructuras construidas con este material.
- Aislamiento acústico: El tabique rojo recocido también ofrece cierto grado de aislamiento acústico, lo que significa que puede ayudar a reducir la transmisión de ruido entre espacios interiores y exteriores.
- Permeabilidad al vapor de agua: Este tipo de tabique tiende a ser poroso, lo que permite la transpiración de la humedad y ayuda a regular la humedad interior de los edificios.
- Facilidad de manipulación y colocación: Es un material que se puede cortar y manipular con relativa facilidad, lo que facilita su instalación en obras de albañilería.
- Costo: Generalmente es más económico que otros materiales de construc-

ción, lo que lo hace popular en proyectos de construcción de bajo presupuesto.

Es importante tener en cuenta que las propiedades específicas del tabique rojo recocido pueden variar según el fabricante, el proceso de fabricación y el tipo de arcilla de cada lugar.

Además de sus propiedades fue importante analizar la forma en que se produce el tabique, este proceso consta de:

1. Se hace una mezcla de barro, tepetate, aserrín y agua.
2. Se coloca la mezcla en los moldes rectangulares.
3. Se retira el molde.
4. Se deja secar al sol 2 días.
5. Se forman en trinchas y se dejan de 5 a 8 días.
6. Se quema el tabique en horno de 10 a 12 horas.

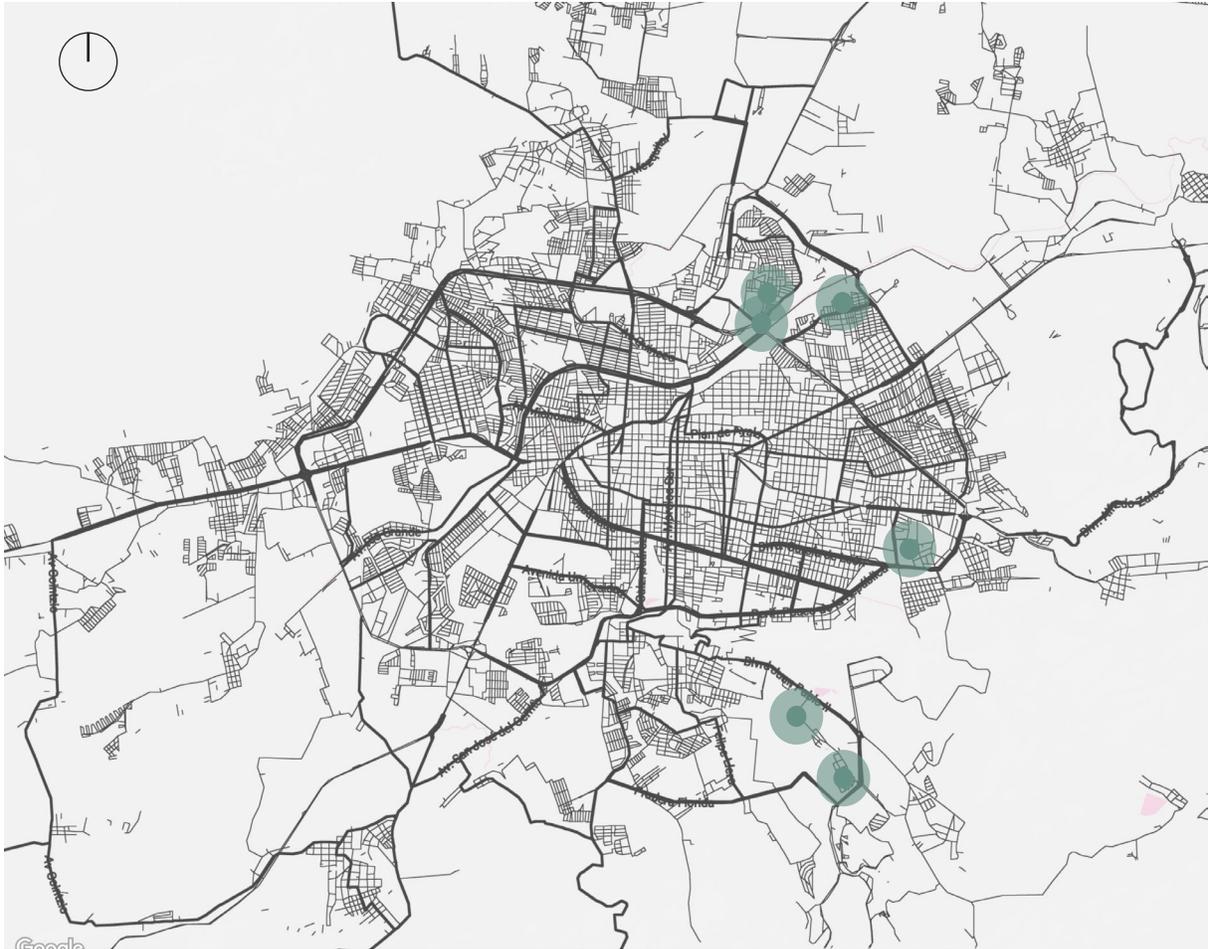
CONTEXTO - DESCARTE

En el primer análisis a nivel local se observó la magnitud de la problemática de la generación de tiraderos clandestinos. Entendiendo este fenómeno se decidió que para el desarrollo del proyecto se recolectará el material a nivel barrial en base a las posibilidades que se tienen para la recolección y la cantidad que se requiere.

Por ende, se observó en donde tenía lugar una construcción o remodelación en ese momento. Estos puntos se identificaron por la cercanía del hogar o por rutas donde se pasaba frecuentemente en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Al acercarse a estos puntos que se muestran en el mapa y solicitar el apoyo con residuos, en todos los casos este residuo fue regalado. Por esta razón, se recolectaron residuos de materiales más comunes. Estos residuos que más predominaban eran los de concreto y tabique, ya que, estos son los más utilizados para la construcción en México según la investigación que se realizó previamente.

En cada uno de estos puntos se recolectó un poco del material de descarte, al final se recolectó un bulto de 50 kilogramos. Sin embargo, analizando la cantidad que se encontraba en las construcciones y recolectando información se podrían recolectar hasta 500 kilogramos al mes.



 Puntos de recolección

Figura 41: *Ubicación de puntos de recolección.*
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Se estableció recolectar únicamente concreto y tabique, como se mencionó anteriormente la cantidad recolectada fueron 50 kg que contiene ambos materiales.

El estado en como se encontró estos residuos variaba un poco dependiendo de la obra en construcción, sin embargo, a continuación se explica como se llevó a cabo este proceso.



Figura 42: *Recolección de residuos.*
Jessica Morales Magaña



Figura 43: Recolección de residuos de tabique.
Jessica Morales Magaña

TABIQUE ROJO

Identificación: Selección material	Nombre del material: Tabique rojo	
Partes del material: Barro, tepetate, aserrín y agua		
Características del material: Dureza Solidez Textura rugosa		
Colores identificados en el material: Naranja Gris Negro		
Disponibilidad del material: Escala		
Domiciliaria: No se encuentra	Barrio: Construcciones en proceso	Ciudad: Construcciones en proceso y vertederos en la perifería de Morelia

Origen:
Residuos de construcción y demolición (RCD)



Figura 44: Ficha de material tabique rojo. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CONCRETO

Identificación: Selección material	Nombre del material: Concreto	
Partes del material: Cemento, arena, grava y agua		
Características del material: Dureza Solidez Textura rugosa		
Colores identificados en el material: Gris Blanco		
Disponibilidad del material: Escala		
Domiciliaria: No se encuentra	Barrio: Construcciones en proceso	Ciudad: Construcciones en proceso y vertederos en la perifería de Morelia

Origen: Residuos de construcción y demolición (RCD)
--



Figura 45: Ficha de material concreto. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RECOLECCIÓN

En cuanto a la recolección del tabique en su mayoría se encontró integró, ya que, fue muy común encontrar mitades del tabique que son los sobrantes cuando se realiza un muro. Por otro lado, también fue muy común encontrarlo con residuos de mortero, el cual, es utilizado en la construcción para pegar tabique con tabique.

Las piezas que se encontraban casi estaban por mitades o pedazos que oscilaban entre los 4 cm a 12 cm de largo aproximadamente.



Figura 46: Mitades de tabique. Jessica Morales Magaña

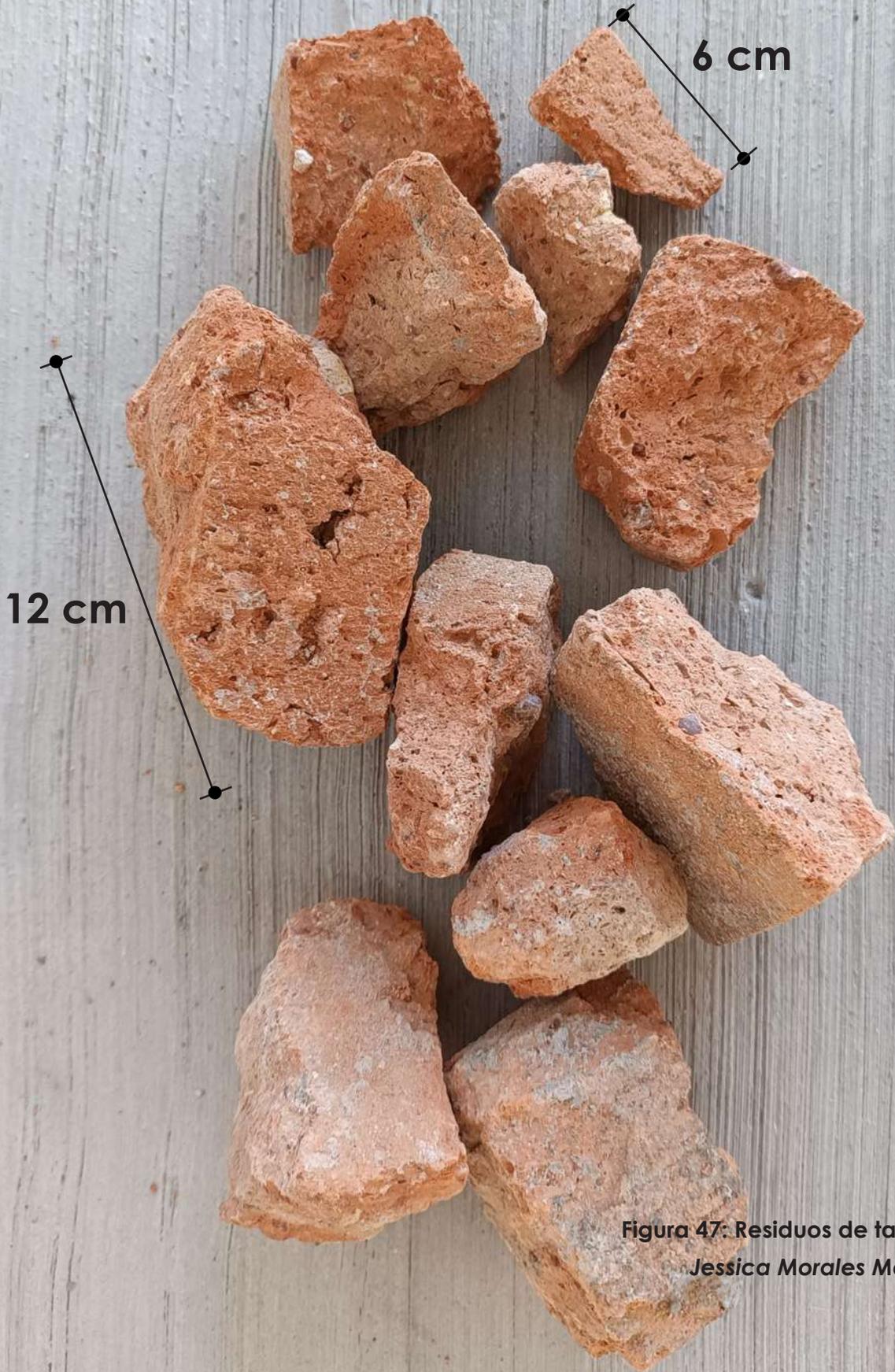


Figura 47: Residuos de tabique.
Jessica Morales Magaña

RECOLECCIÓN

En cuanto a la recolección del concreto, cabe mencionar que se encontraba como tal y en muchos casos se encontraban restos de mortero. Se decidió que todos estos residuos se clasificarían en la misma categoría por tener el mismo material base en común, el cemento.

Las piezas que se encontraban casi estaban fueron pedazos que oscilaban entre los 8 cm a 15 cm de largo aproximadamente. Pero también se encontraban piezas mucho más grandes que llegaban a los 40 cm de largo.



Figura 48: Residuo de concreto. Jessica Morales Magaña



7 cm

10 cm

Figura 49: Residuos de concreto.
Jessica Morales Magaña

RECOLECCIÓN

Ya que, uno de los objetivos del proyecto es explorar en cuanto a colorimetría y textura, se realizó la recolección de distintas piedras. Este material también se consiguió regalado y en general se encontró en pedazos de múltiples medidas.

Este material en particular, se encontró en un negocio donde se dedican únicamente a la venta y trabajo de piedras.

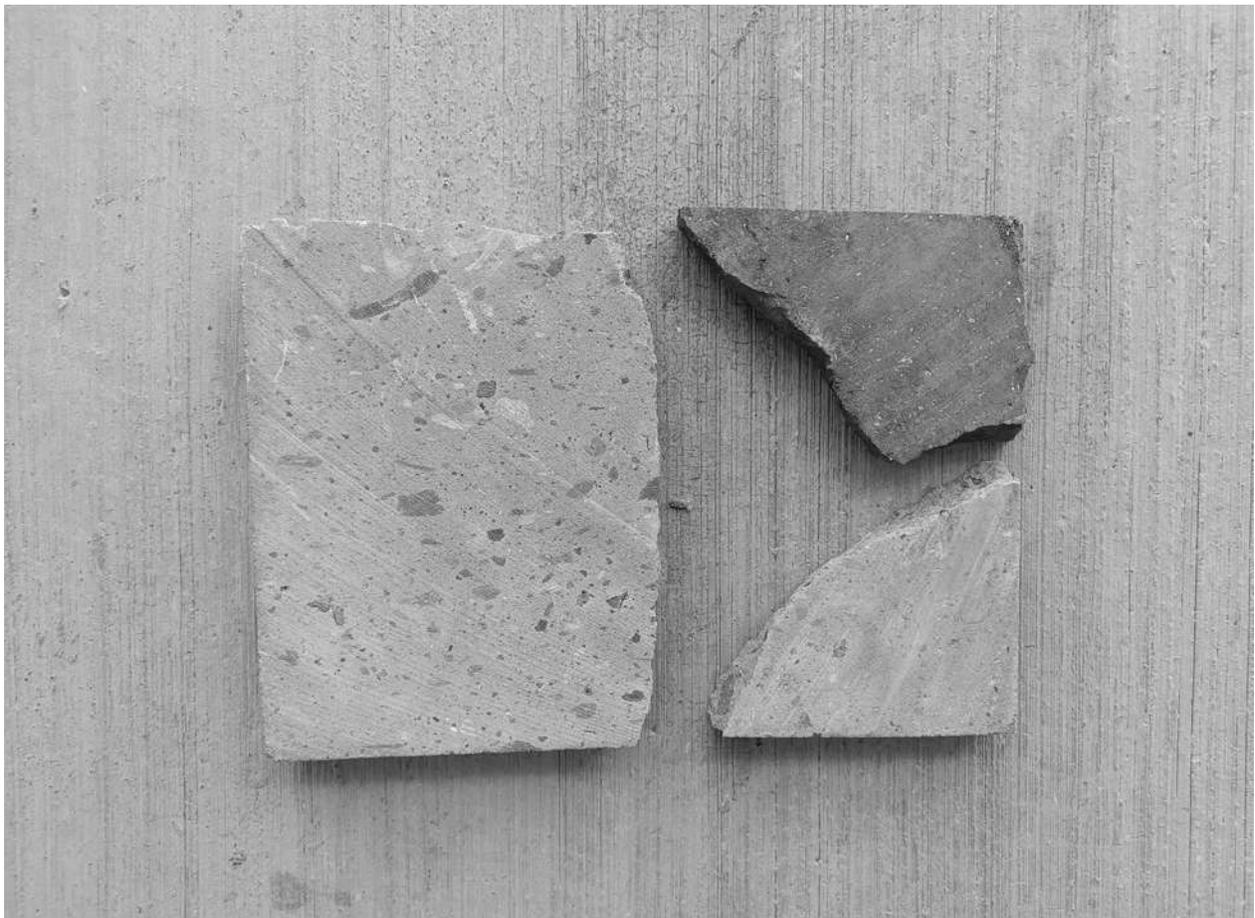


Figura 50: Residuo de piedras. Jessica Morales Magaña



Figura 51: Residuos de piedras.
Jessica Morales Magaña

PROCEDIMIENTO PREVIO

Al analizar como se encontraban estos residuos en sitio, se decidió que era fundamental no complejizar el procedimiento previo para el uso de estos residuos. Por lo tanto, si alguno de estos residuos se encontraba contaminado por otro, se decidió utilizar íntegramente sin ninguna separación compleja. Esto por el motivo de que la filosofía principal del proyecto es la circularidad, un procedimiento fácil y la reducción del impacto ambiental de los materiales a realizar.

Para realizar el proceso de experimentación fue importante realizar un procedimiento previo metodológico para poder identificar cantidades recolectadas y que cantidad de material de diferentes granulometrías resultaba.

Por ende, al recolectar el material se realizó una clasificación por tipo de tipo de material concreto y tabique y otra clasificación para las piedras por color. Estos se colocaron en bolsas de 3 kilogramos cada una para facilitar el traslado de las mismas. Posteriormente, se trituraron en una máquina de desgaste ángeles. El resultado se tamizó para clasificar por granulometría los diferentes materiales.

La intención de contar con diferentes granulometrías es activar eficazmente la reacción química que debe tener el aglutinante conteniendo un agregado fino y uno más grueso. Todo esto se buscó obtenerlo del mismo residuo de cada clasificación.

En el siguiente diagrama se muestran los pasos que se siguieron en este procedimiento previo.

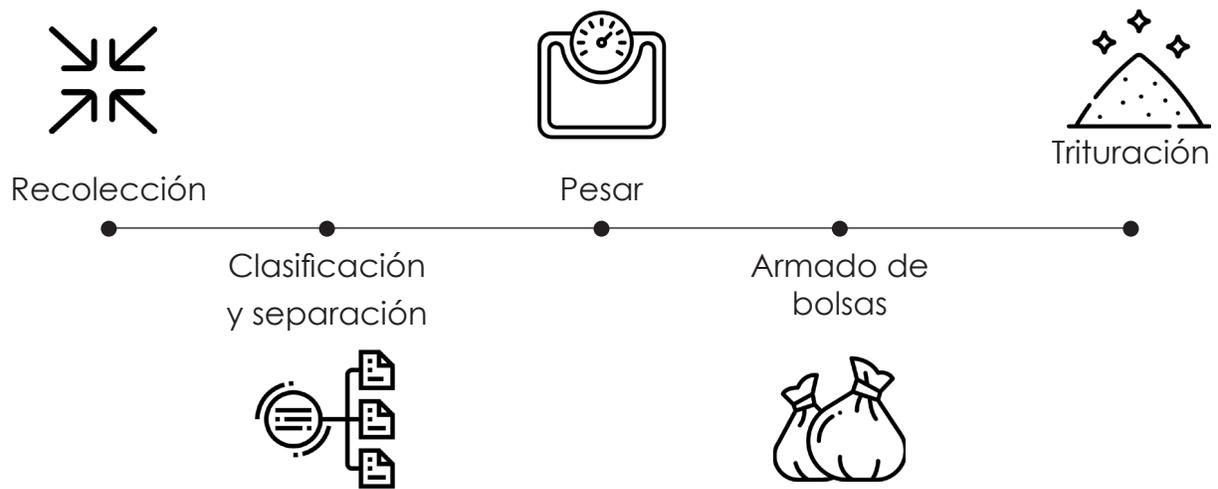


Figura 52: Procedimiento previo.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CAPÍ

0

EXPERIME

TULO

4

NTACIÓN

EXPERIMENTACIÓN
PRIMERA
FASE

POSIBILIDADES DE TRANSFORMACIÓN



Figura 53: Primeras exploraciones.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

EXPERIMENTACIÓN

La experimentación es la experiencia científica en que se provoca un cambio y se observa e interpreta su resultado, el cual, busca un resultado comprobable. En la experimentación el desarrollo de los procesos ocurre en condiciones previamente planeadas y establecidas. Un punto clave en la fase de la experimentación es la observación, ya que será la guía para tomar decisiones al realizar las diferentes muestras de materiales. (Aranzeta, 2005)

El objetivo de esta experimentación es comprobar que se pueden crear nuevas materialidades a base de residuos de construcción y demolición, las cuales, puedan lograr a ser aplicables en nuevas construcciones. Al realizar la previa recopilación de datos, se busca crear materialidades que funcionen como acabados interiores o exteriores. Pudiendo ser una nueva opción de materialidad en el mercado.

En una primera fase de la experimentación para la comprobación del resultado se utilizará la observación y el resultado físico de las muestras, de esta manera, se podrán tomar decisiones sobre si la materialidad conseguida funcionará o no. Esta fase no incluye pruebas de laboratorio, sino que por medio del tacto se comprobará como es físicamente la muestra, para lograr esto se considerarán las siguientes variables:

- Deformación
- Reducción
- Fragmentación
- Dureza
- Flexibilidad
- Transparencia
- Tiempo de secado
- Complejidad

Estas variables enlistadas serán la base para decidir si el material es viable o no para la aplicación de acabados. Al obtener muestras que cumplan con estas variables se les dará seguimiento para pasar a la segunda fase, la cual, será la

realización de pruebas de laboratorio que respalden su posible aplicación. En la experimentación se decidió explorar con 3 líneas base, las cuales, dieron forma a diferentes exploraciones obteniendo esas 3 líneas de diseño. Estas en conjunto se busca plantearlas como diferentes opciones de acabado que tienen en común el material base que son los residuos de construcción y demolición.

Para el proceso de experimentación se decidió trabajar con tabique y concreto, ya que, en la recolección se observó que son los materiales que más abundan en el contexto inmediato, es decir, esta cantidad se ve relacionado porque son los materiales más utilizados en la construcción. Al material recolectado se le realizaron las siguientes acciones:

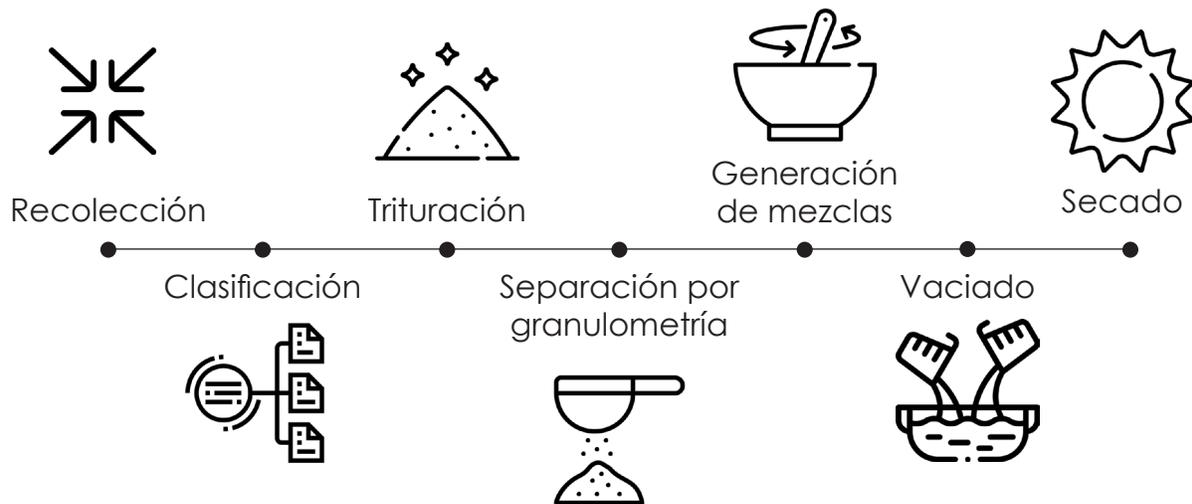


Figura 54: Procedimiento en el material de descarte.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

LÍNEA 1 DE DISEÑO

En esta línea se buscó generar una materialidad inspirada en los antecedentes, que como se mencionó en capítulos anteriores, un material base que se utilizaba en la antigüedad era la cal. Este material tiene las características de dureza y durabilidad, pues tiene la propiedad de que conforme pasa el tiempo este material adquiere mayor dureza, además de que no absorbe humedad. Por estas razones, se decidió hacer exploraciones utilizando este material como aglutinante.

Para estas exploraciones se investigó sobre aditivos naturales utilizados en la construcción, de los cuales, destacaron:

- Baba de nopal
- Ceniza volcánica

Para el proceso experimental de esta investigación se decidió utilizar la baba de nopal por su fácil adquisición en el contexto inmediato.

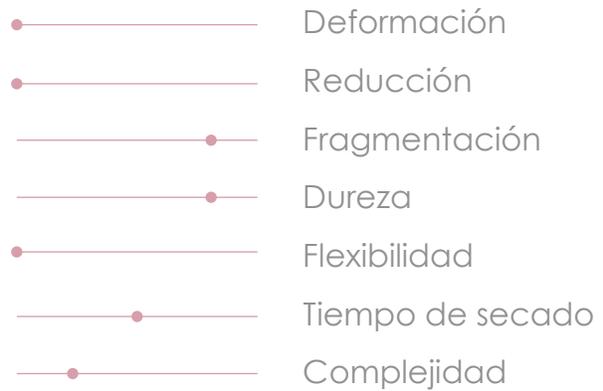
Para estas primeras exploraciones se utilizó un molde de silicona cuadrado de 5 cm x 5 cm x 5 cm. Todas las exploraciones contarán con la misma medida para lograr evaluarlas con los mismos estándares establecidos.

Al utilizar el molde de silicona, el cual, cuenta con cierta flexibilidad no se utilizó ningún tipo de desmoldante. Únicamente, se dejaron pasar los días de secado y se desmoldaron las muestras con mucho cuidado.



Figura 55: Materiales base.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

MC-01



Fórmula:

2 porciones de residuo de concreto pulverizado

3 porciones de marmolina

1 porción de agua

1/2 porción de baba de nopal

Preparación:

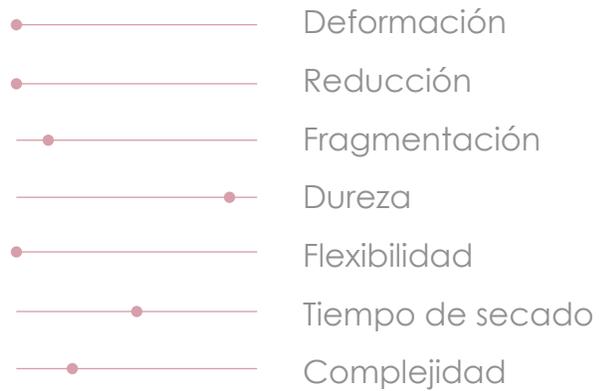
1. En un recipiente se colocan las 2 porciones de concreto.
2. Se coloca 1 porción de agua y se mezcla con el concreto.
3. Se colocan las porciones de marmolina.
4. Se coloca la baba de nopal y se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra tiene cierta porosidad, es decir, no quedó lisa como el concreto nuevo. Además de que presenta cierta fragilidad, ya que, los bordes se desmoronan.

MC-02



Fórmula:

- 4 porciones de residuo de concreto pulverizado
- 1 porción de marmolina
- 1 porción de agua
- 1/2 porción de baba de nopal

Preparación:

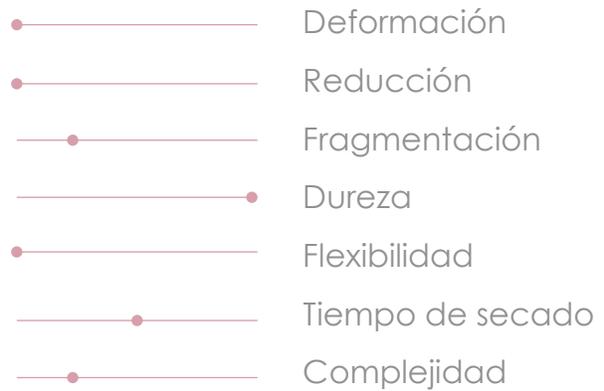
1. En un recipiente se colocan las 4 porciones de concreto.
2. Se coloca 1 porción de agua y se mezcla con el concreto.
3. Se colocan 1 porción de marmolina.
4. Se coloca la baba de nopal y se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

Esta muestra presenta mayor dureza que la anterior, tiene un acabado más liso. Al tacto los bordes se desmoronan un poco.

MC-03



Fórmula:

- 3 porciones de residuo de tabique pulverizado
- 3 porciones de marmolina
- 2 porción de agua
- 3 porciones de cal

Preparación:

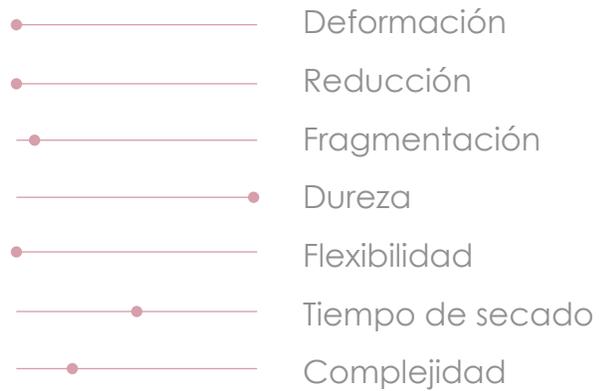
1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cal.
2. Se colocan 2 porciones de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan las porciones de marmolina.
4. Se colocan las porciones de tabique pulverizado y se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra tiene mayor dureza y mejor acabado. Por otro lado, los bordes quedaron irregulares, ya que se desmoronan un poco.

MC-04



Fórmula:

2 porciones de residuo de tabique pulverizado
2 porciones de agua
3 porciones de cal

Preparación:

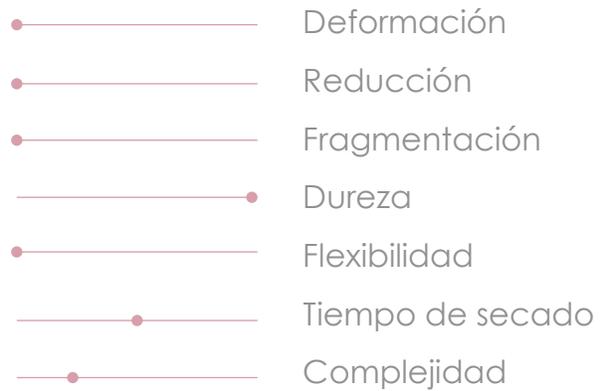
1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cal.
2. Se colocan 2 porciones de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan 2 porciones de tabique pulverizado y se mezcla todo.
4. Se hace el vaciado.
5. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

Esta muestra presenta mayor dureza que la anterior, tiene un acabado aún más liso. Esta muestra presentó mejoras en los bordes, ya que, quedaron regulares y no se desmoronaron.

MC-05



Fórmula:

3 porciones de residuo de tabique pulverizado

1.5 porciones de agua

2 porciones de cal

1/2 porción de baba de nopal

Preparación:

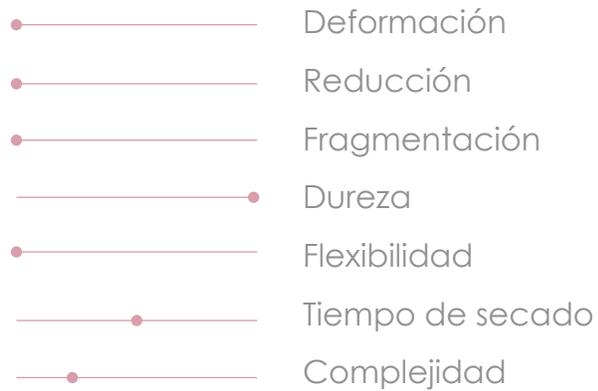
1. En un recipiente se colocan las 2 porciones de cal.
2. Se colocan 1.5 porciones de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan las porciones de tabique pulverizado y se mezcla todo.
4. Se coloca la porción de baba de nopal y se mezcla.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra tiene mayor dureza y mejor acabado. Esta fue la primer muestra que presentó bordes regulares y mejor definidos.

MC-06



Fórmula:

- 2 porciones de residuo de tabique pulverizado
- 1 porción de residuo de tabique en granos
- 1.5 porciones de agua
- 3 porciones de cal
- 1/2 porción de baba de nopal

Preparación:

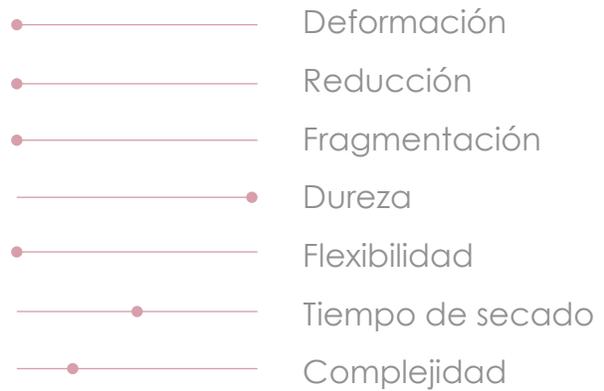
1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cal.
2. Se colocan 1.5 porciones de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan 2 porciones de tabique pulverizado y se mezcla todo.
4. Se coloca la porción de baba de nopal y la porción del tabique en granos, se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

Esta muestra presenta dureza que la anterior, tiene un acabado aún más liso y presentó mejoras en los bordes.

MC-07



Fórmula:

- 2 porciones de residuo de concreto pulverizado
- 1 porciones de agua
- 3 porciones de cal
- 1/2 porción de baba de nopal

Preparación:

1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cal.
2. Se coloca la porción de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan las porciones de concreto pulverizado y se mezcla todo.
4. Se coloca la porción de baba de nopal y se mezcla.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra tiene mayor dureza y mejor acabado. Esta fue la primer muestra que presentó bordes regulares y mejor definidos.



Figura 56: Mezcla de primeras exploraciones.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

EVALUACIÓN DE MUESTRAS



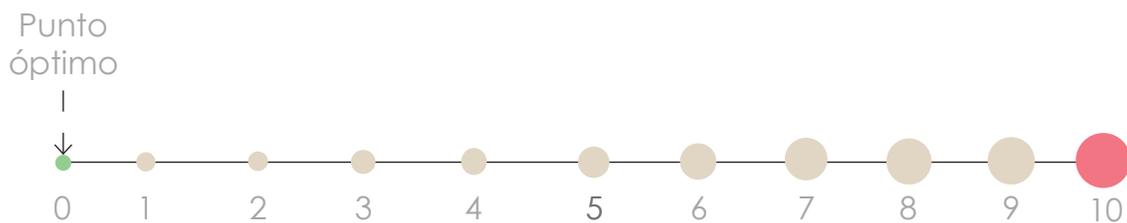


Figura 57: Evaluación de muestras. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

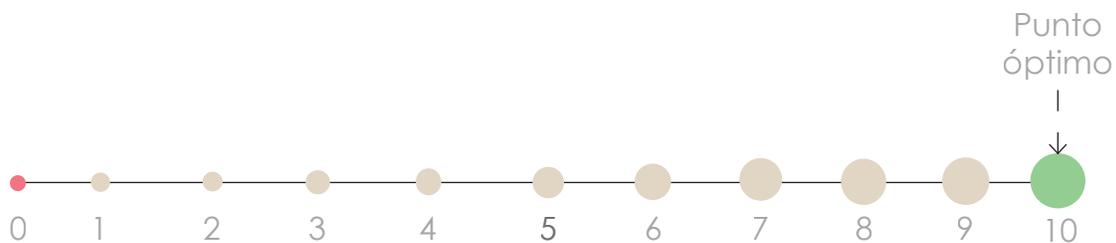
ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el rango y punto óptimo esperado en cada una de las características a analizar, así como un resumen de resultados.

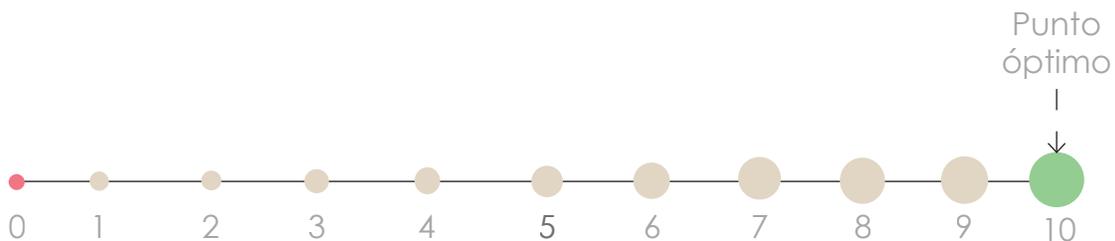
Para las características de deformación, reducción, fragmentación, flexibilidad, tiempo de secado y complejidad, el resultado más óptimo era lo más cercana a 0.



Para la característica de dureza se buscaba el valor más alto.



Por último, para la cantidad de residuo se buscaba un resultado lo más cercano a 10, ya que, reflejaba mayor cantidad de residuo en la mezcla.



	DEFORMACIÓN	REDUCCIÓN	FRAGMENTACIÓN	DUREZA	FLEXIBILIDAD	TIEMPO DE SECADO	COMPLEJIDAD	CANTIDAD DE RESIDUO
MC-01	● 0	● 0	● 9	● 9	● 0	● 4	● 2	● 3
MC-02	● 0	● 0	● 1	● 9	● 0	● 4	● 2	● 6
MC-03	● 0	● 0	● 2	● 10	● 0	● 4	● 2	● 2
MC-04	● 0	● 0	● 1	● 10	● 0	● 4	● 2	● 3
MC-05	● 0	● 0	● 0	● 10	● 0	● 4	● 2	● 4
MC-06	● 0	● 0	● 0	● 10	● 0	● 4	● 2	● 4
MC-07	● 0	● 0	● 0	● 10	● 0	● 4	● 2	● 3

Figura 58: Resumen de análisis de resultados.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ESCALA

Ya que, las muestras funcionaron, se buscó seguir explorando con la materialidad al aumentar su escala para observar si esta fórmula seguía funcionando. Al hacer un aumento de escala se pueden presentar nuevas oportunidades y desafíos en la producción y el resultado final del material.

Por lo tanto, se decidió utilizar un molde de 10 cm x 10 cm x 2.5 cm de alto. El molde fue diseñado para que al desmoldar la pieza fuera fácil y no sufriera daños, este se cortó a láser en acrílico.

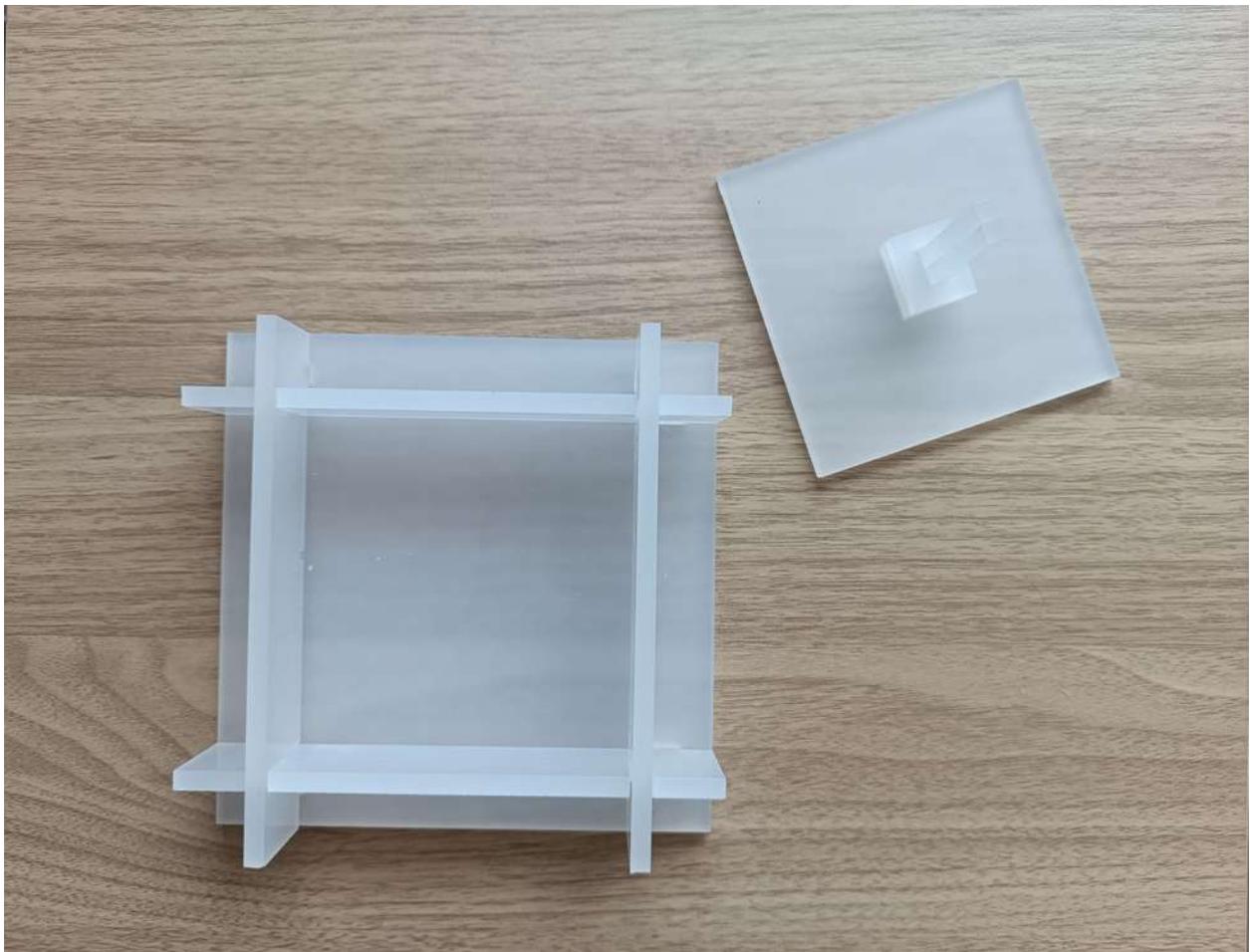
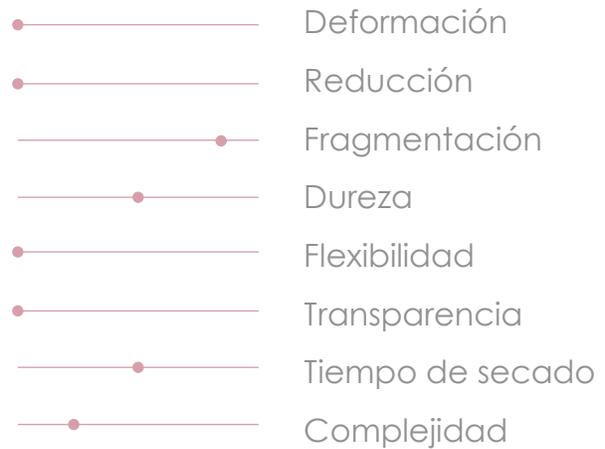


Figura 59: Molde de acrílico.



Figura 60: Muestra MC-08.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

MC-08



Fórmula:

- 3 porciones de residuo de tabique pulverizado
- 1 porción de residuo de tabique en granos
- 2.5 porciones de cal
- 2.5 porciones de agua

Preparación:

1. En un recipiente se colocan las 2.5 porciones de cal.
2. Se coloca las 2.5 porciones de agua y se mezcla con la cal.
3. Se colocan las porciones de residuo de tabique y se mezcla todo.
4. Se hace el vaciado.
5. Se deja secar.

Este material tardó 5 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presentó poca dureza y se fragmentó muy fácilmente.



Figura 61: Muestra MC-08.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

LÍNEA 2 DE DISEÑO

En esta línea se buscó generar una materialidad con recetas de biomateriales, específicamente bioplástico, con el propósito de obtener una materialidad con mayor flexibilidad con oportunidades de otras aplicaciones de diseño.

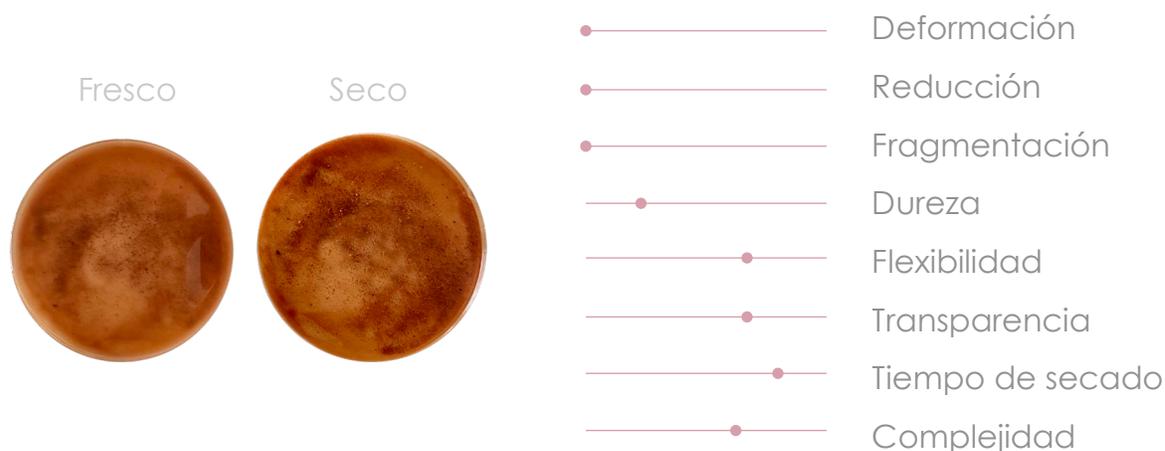
Las fórmulas base que se utilizaron son a base de grenetina, fécula de maíz y agar. Con estos 3 elementos, se buscó cual tenía una mejor reacción con los residuos de construcción y demolición.

Para estas exploraciones se utilizó como molde petris de plástico de 10 cm de diámetro. Todas las primeras exploraciones se realizaron con la misma medida para lograr evaluarlas con los mismos estándares establecidos.



Figura 62: Materiales base línea 2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-01



Fórmula:

- 60 ml agua
- 12 gr grenetina
- 5 ml glicerina
- 5 gr residuo de tabique pulverizado
- 1 cucharada sopera de vinagre blanco

Preparación:

1. Calentar el agua hasta que quede bien caliente sin que hierva.
2. Se coloca la grenetina poco a poco y se va mezclando hasta que se disuelva muy bien.
3. Se coloca la glicerina y se mezcla.
4. Se colocan los 5 gr de tabique pulverizado y se mezcla.
5. Ya que se integraron bien todos los materiales, se apaga la parrilla y se sigue mezclando por un minuto hasta que la mezcla este tibia.
6. Se coloca la cucharada de vinagre y se mezcla bien.
7. Se hace el vaciado y se deja secar.

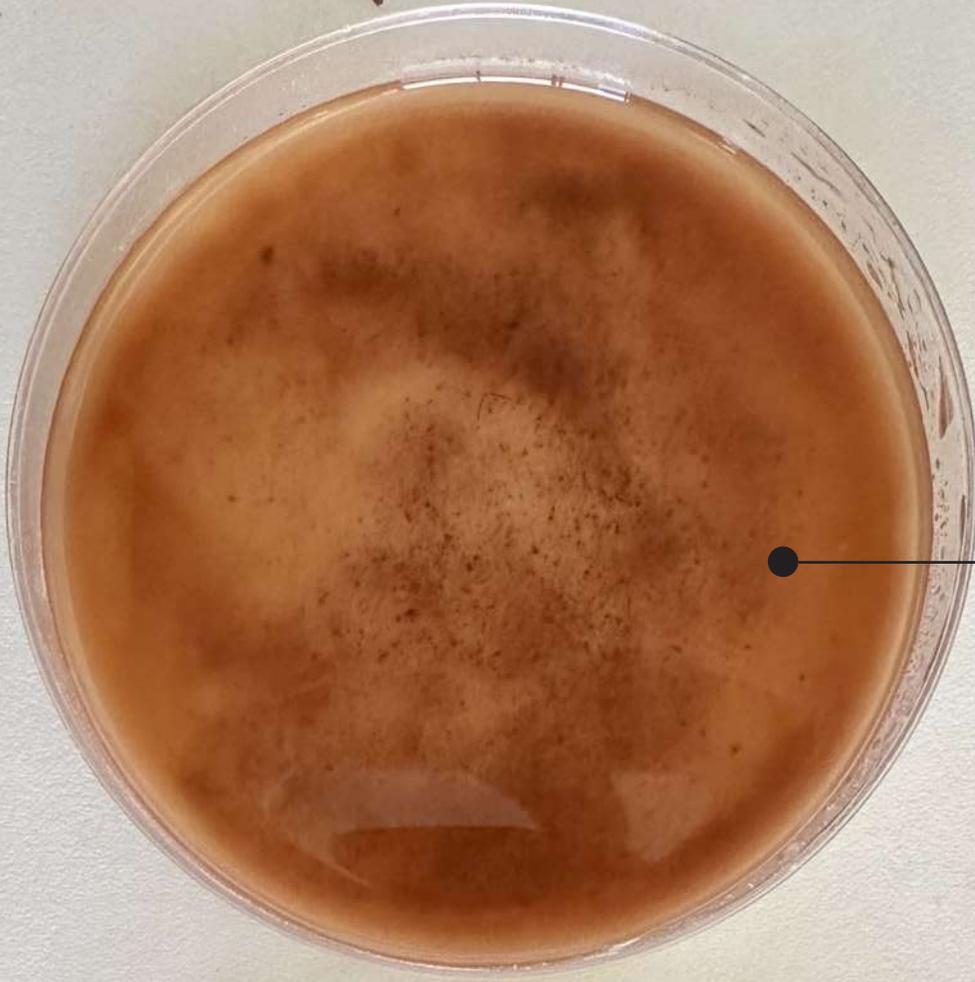
Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

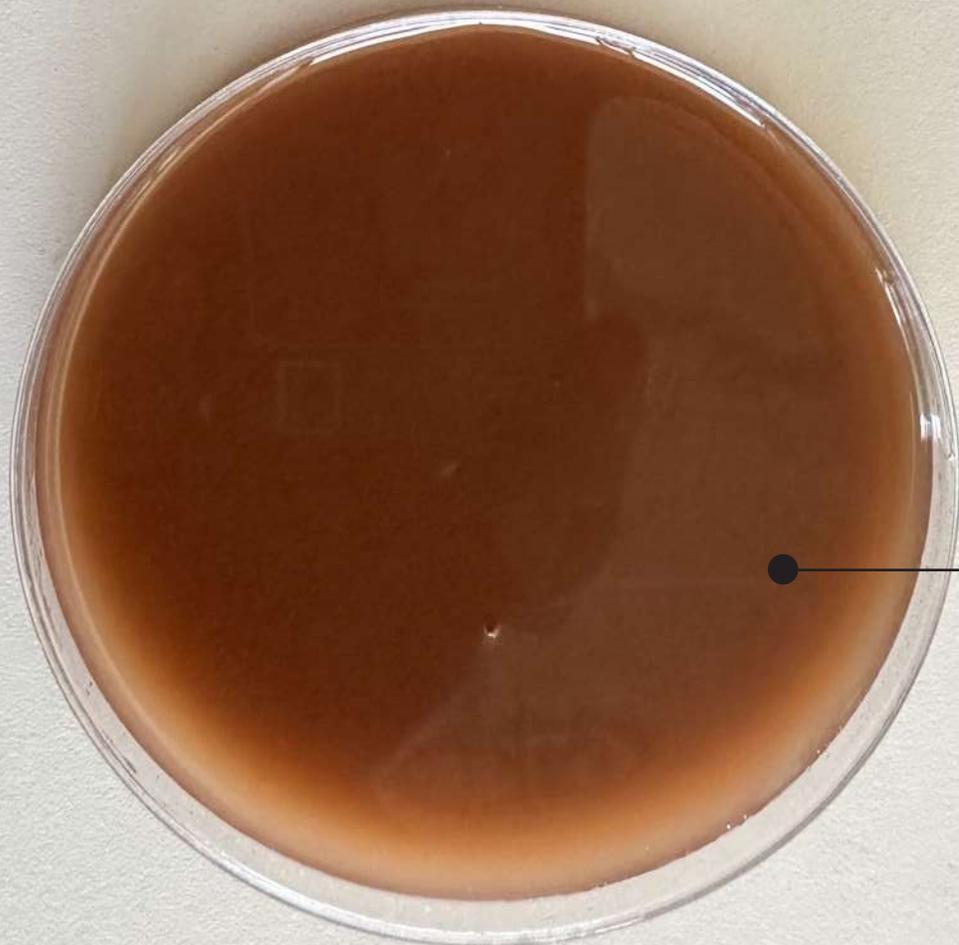
La muestra presenta mucha flexibilidad, no sufrió fragmentos ni tampoco presentó reducción en cuanto al tamaño del molde. El color obtenido es un naranja marrón y el resultado de la transparencia que presenta el material le da un acabado interesante, cuenta con una textura lisa ligeramente porosa.



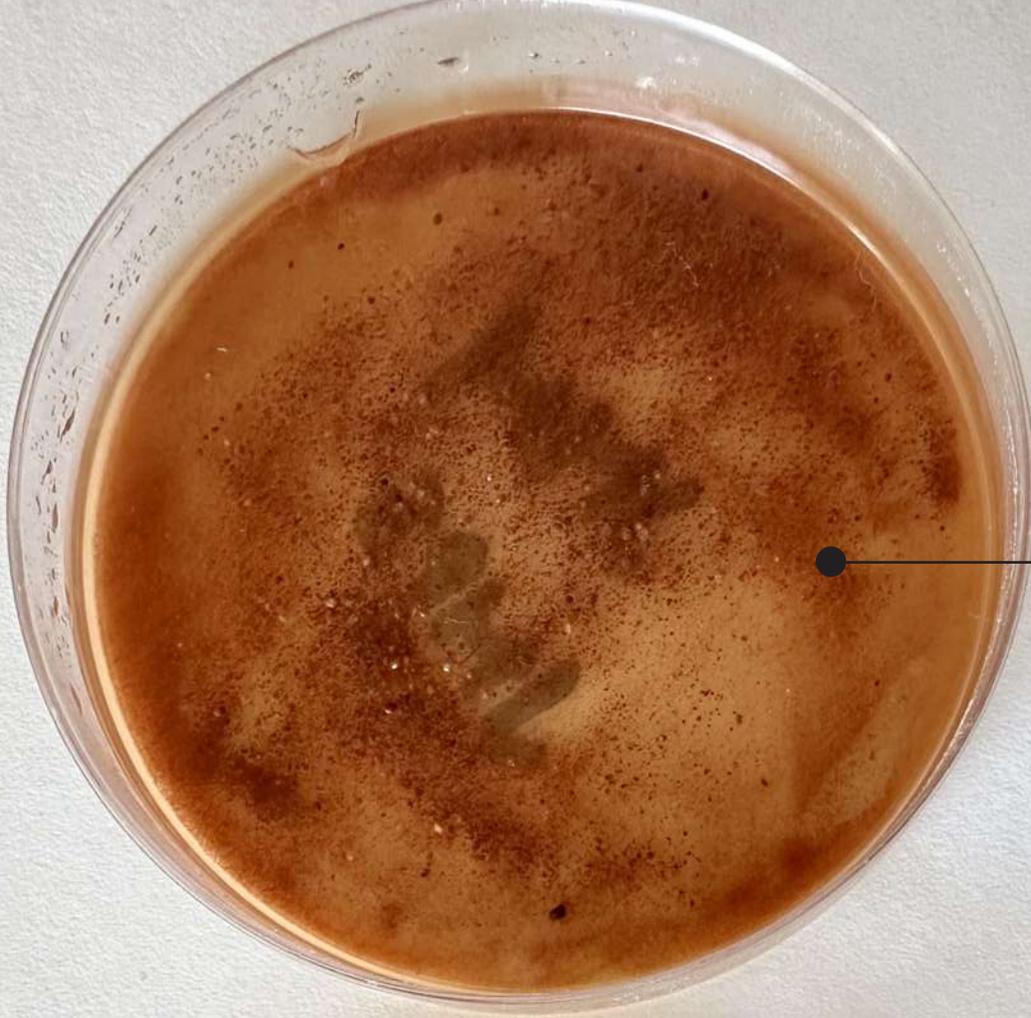
Figura 63: Materiales base BP-01.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Muestra espesor 1
mm fresca



Muestra espesor 2
mm fresca



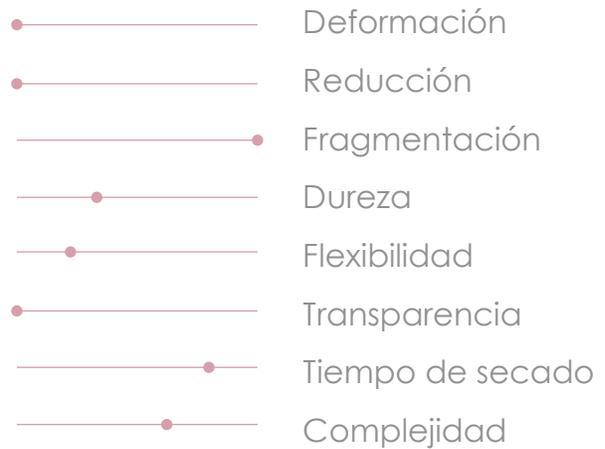
Muestra espesor 1
mm seca



Muestra espesor 2
mm seca

Figura 64: Resultados BP-01.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-02



Fórmula:

- 30 ml agua
- 7 gr fécula de maíz
- 1.25 ml glicerina
- 5 gr residuo de tabique pulverizado
- 1 cucharada sopera de vinagre blanco

Preparación:

1. Se mezclan los 7 gramos de fécula de maíz con los 30 ml de agua en frío hasta que se disuelva completamente.
2. Se calienta la mezcla y se le mueve constantemente.
3. Se coloca la glicerina y el vinagre y se mezcla.
4. Se colocan los 5 gramos de tabique pulverizado y se mezcla.
5. Se mezcla todo hasta que se empiece a espesar un poco.
6. Se retira del fuego.
7. Se hace el vaciado y se deja secar.

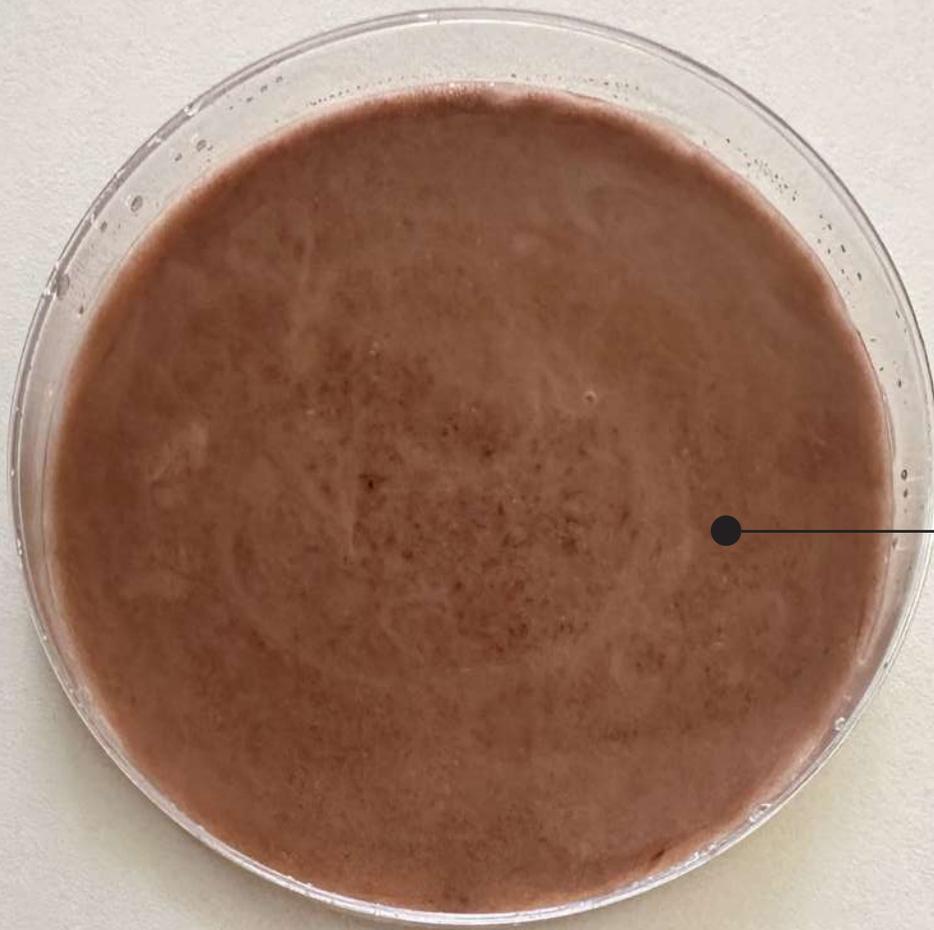
Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presenta tiene mayor firmeza a comparación de la muestra BP-01, es decir, no es tan flexible. El color obtenido fue un marrón y la textura es rugosa. Este material al secarse se desfragmento en múltiples piezas pequeñas, por lo tanto, se concluye que posiblemente necesita más agua al momento de su preparación.



Figura 65: Materiales base BP-02.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Muestra espesor 1
mm fresca



Muestra espesor 2
mm fresca



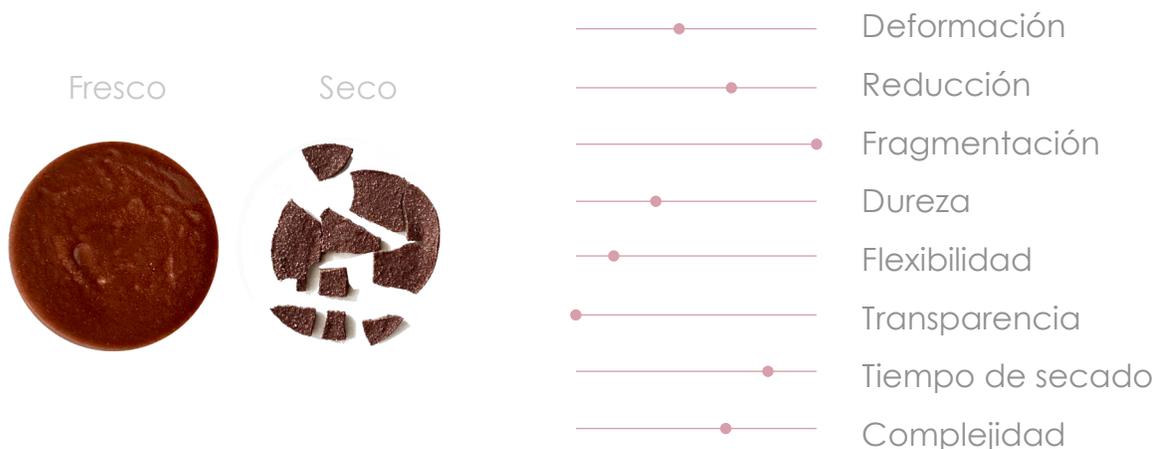
Muestra espesor 1
mm seca



Muestra espesor 2
mm seca

Figura 36: Resultados BP-02.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-03



Fórmula:

- 60 ml agua
- 2 gr agar-agar
- 3 ml glicerina
- 7 gr residuo de tabique pulverizado
- 1 cucharada sopera de vinagre blanco

Preparación:

1. Se mezclan los 2 gramos de agar-agar con los 60 ml de agua en frío hasta que se disuelva completamente.
2. Se calienta la mezcla y se le mueve constantemente.
3. Se coloca la glicerina y el vinagre y se mezcla.
4. Se colocan los 7 gramos de tabique pulverizado y se mezcla.
5. Se mezcla todo hasta que se empiece a espesar un poco.
6. Se retira del fuego.
7. Se hace el vaciado y se deja secar.

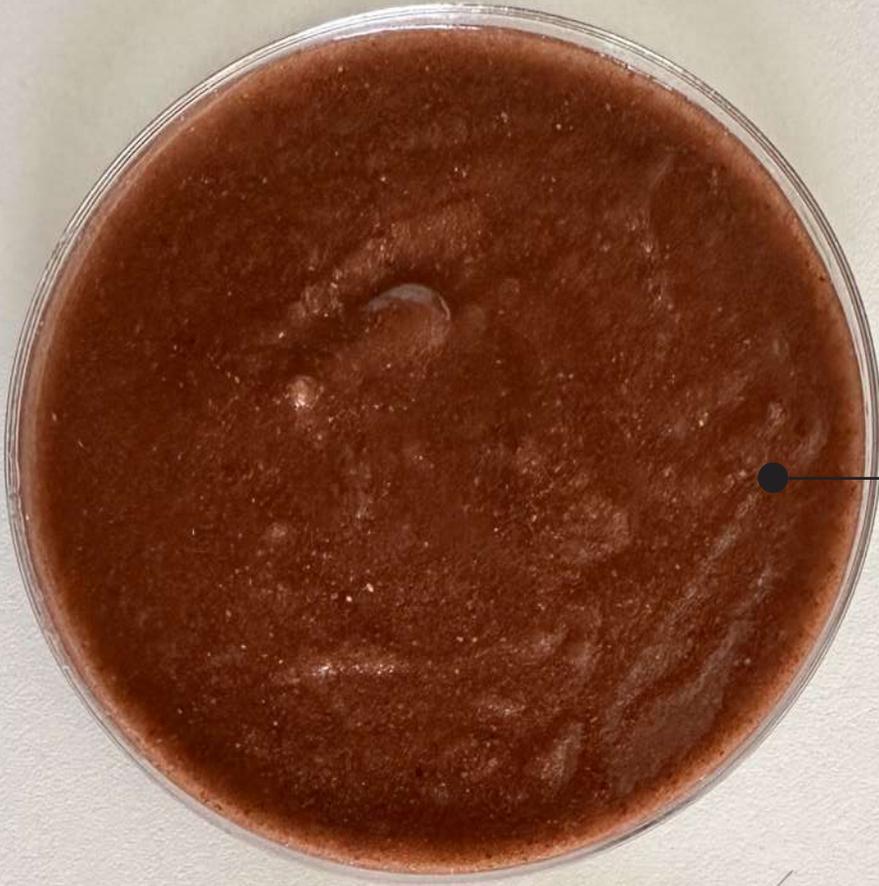
Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presenta firmeza, es decir, no es tan flexible. El color obtenido fue un marrón oscuro y la textura es rugosa. Este material al secarse se desfragmentó en piezas grandes, por lo tanto, se concluye que posiblemente necesita más agua al momento de su preparación. Además de que presentó una ligera deformación en los bordes, ya que, se levantaron tratando de enrollarse.



Figura 67: Materiales base BP-03.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Muestra espesor 1
mm fresca



Muestra espesor 2
mm fresca



Muestra espesor 1
mm seca



Muestra espesor 2
mm seca

Figura 68: Resultados BP-03.
Elaborado por Jessica Morales Magaña





Figura 69: Resultados línea 2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

EVALUACIÓN DE MUESTRAS



BP-01

Residuo = 4.46%



BP-02

Residuo =

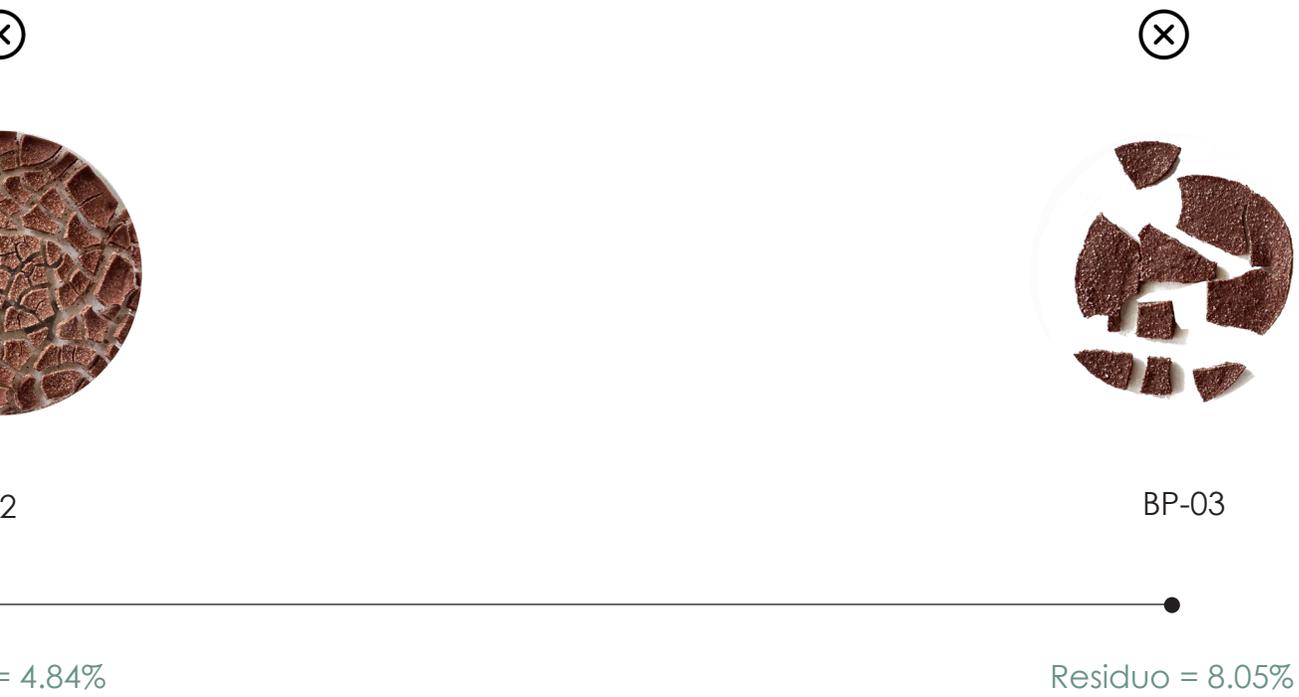
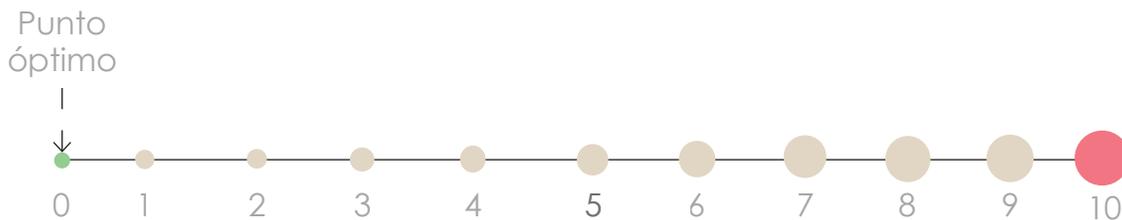


Figura 70: Evaluación de muestras. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

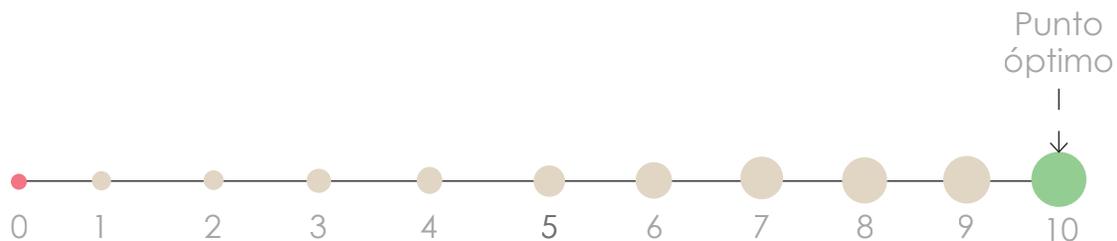
A continuación, se presenta el rango y punto óptimo esperado en cada una de las características a analizar, así como un resumen de resultados.

Para las características de deformación, reducción, fragmentación, tiempo de secado y complejidad, el resultado más óptimo era lo más cercana a 0.



Para las características de dureza, flexibilidad y transparencia, sólo se asignó una cantidad para contar con una referencia comparativo entre cada uno, ya que, no se sabía con certeza como iba a resultar el material final por ser biomaterial.

Por último, para la cantidad de residuo se buscaba un resultado lo más cercano a 10, ya que, reflejaba mayor cantidad de residuo en la mezcla.

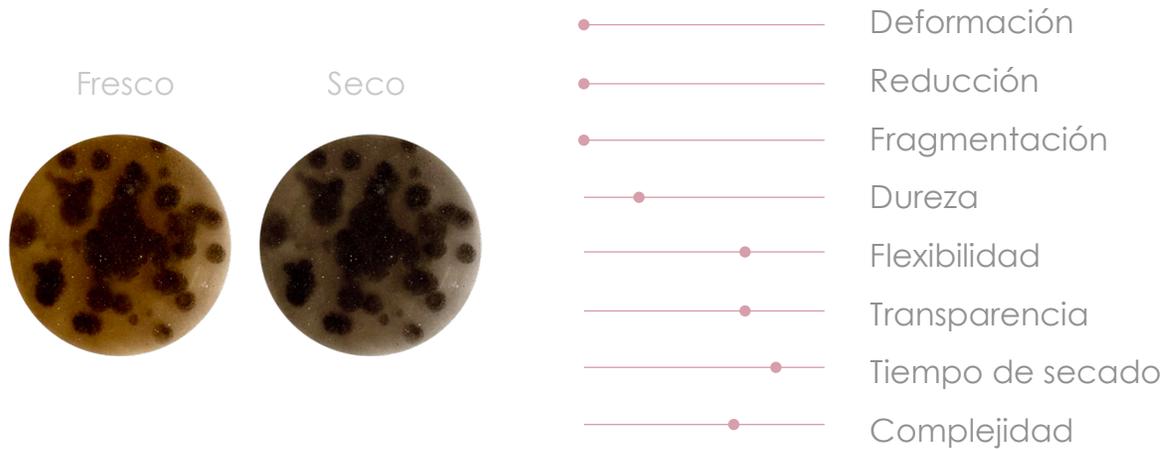


	DEFORMACIÓN	REDUCCIÓN	FRAGMENTACIÓN	DUREZA	FLEXIBILIDAD	TRANSPARENCIA	TIEMPO DE SECADO	COMPLEJIDAD	CANTIDAD DE RESIDUO
BP-01	● 0	● 0	● 0	2	7	7	● 8	● 7	● 1
BP-02	● 0	● 0	● 10	4	2	0	● 8	● 7	● 1
BP-03	● 4	● 6	● 10	4	2	0	● 8	● 7	● 1

Figura 71: Resumen de análisis de resultados.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

BP-04



Fórmula:

- 60 ml agua
- 12 gr grenetina
- 5 ml glicerina
- 5 gr residuo de concreto pulverizado
- 1 cucharada sopera de vinagre blanco

Preparación:

1. Calentar el agua hasta que quede bien caliente sin que hierva.
2. Se coloca la grenetina poco a poco y se va mezclando hasta que se disuelva muy bien.
3. Se coloca la glicerina y se mezcla.
4. Se colocan los 5 gr de concreto pulverizado y se mezcla.
5. Ya que se integraron bien todos los materiales, se apaga la parrilla y se sigue mezclando por un minuto hasta que la mezcla este tibia.
6. Se coloca la cucharada de vinagre y se mezcla bien.
7. Se hace el vaciado y se deja secar.

Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presenta mucha flexibilidad, no sufrió fragmentos ni tampoco presentó reducción en cuanto al tamaño del molde. El color obtenido es un gris oscuro y el resultado de la transparencia que presenta el material le da un acabado interesante.

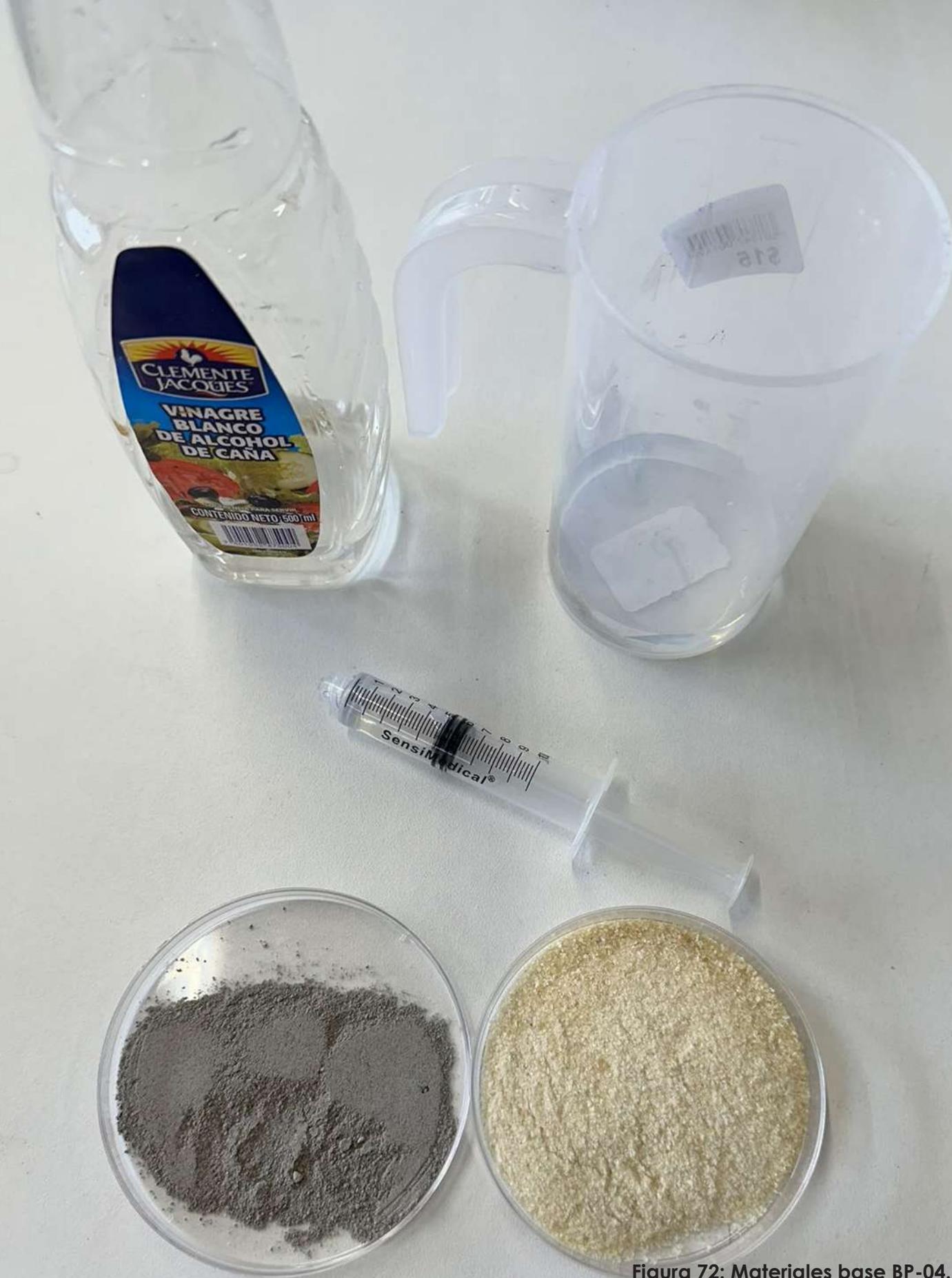
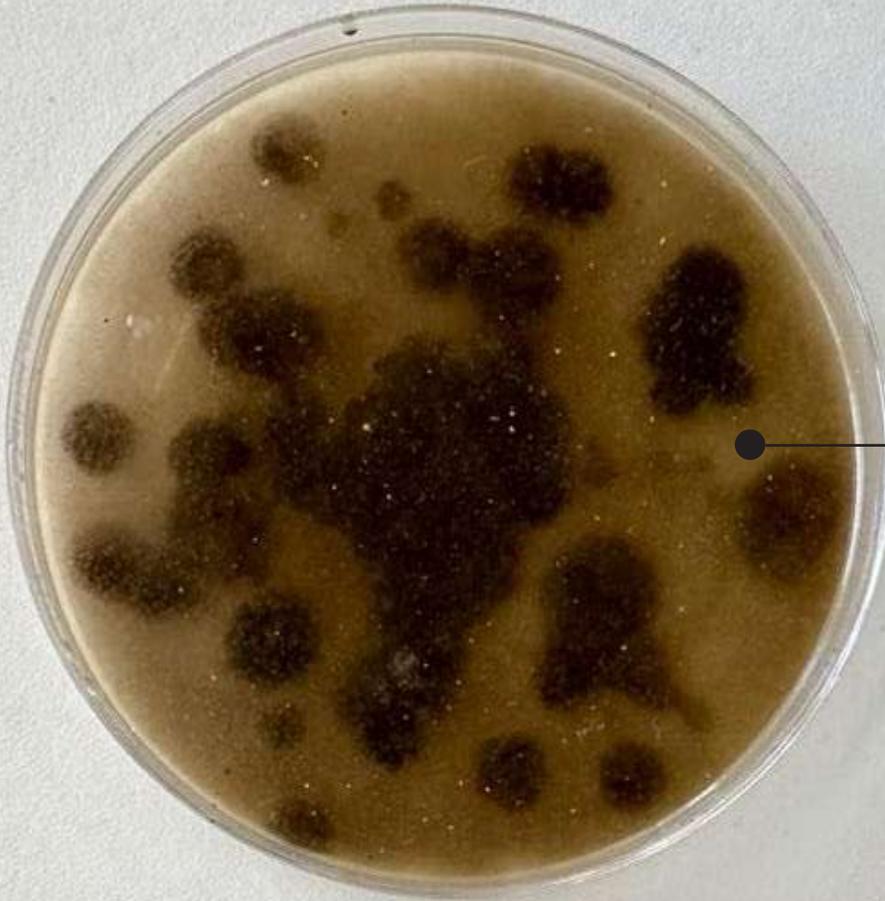


Figura 72: Materiales base BP-04.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Muestra espesor 1
mm fresca



Muestra espesor 2
mm fresca



Muestra espesor 1
mm seca



Muestra espesor 2
mm seca

Figura 73: Resultados BP-04.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

ESCALA

Se tomó la receta del bioplástico a base de grenetina, ya que, fueron las muestras que presentaron mejores resultados como:

- No presentaron deformación.
- No presentaron reducción.
- Presentaron flexibilidad.
- Tienen transparencia dependiendo de la cantidad del descarte.
- Presentan un acabado interesante en visual y textura.
- No se enlamaron ni presentaron ningún tipo de contaminación exterior.

Ya que, las muestras a escala del petri funcionaron, se buscó seguir explorando con la materialidad al aumentar su escala para observar si esta fórmula seguía funcionando. Al hacer un aumento de escala se pueden presentar nuevas oportunidades y desafíos en la producción y el resultado final del material.

Se utilizó un molde que consiste en una base de cristal, sobre esta base se colocó un bastidor con palos de madera de aproximadamente 2 cm x 2 cm. Esta madera se selló con plástilina para no tener derrames al momento de realizar el vaciado.

Este primer aumento de escala se realizó en una medida de 20 cm x 20 cm y se utilizó la misma fórmula de la muestra BP-01, únicamente se realizó el cálculo de cuantas veces la receta debía ser multiplicada para obtener lo suficiente para cubrir esta área.

Como el espesor de 1 mm de las muestras del material BP-01 presentó mejor resultados en cuanto a flexibilidad y acabado, se decidió continuar trabajando con este espesor en las siguientes exploraciones.



Figura 74: Molde grande.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-01.2



Fórmula:

- 120 ml agua
- 24 gr grenetina
- 10 ml glicerina
- 8 gr residuo de tabique pulverizado
- 2 cucharada sopera de vinagre blanco

Preparación:

1. Calentar el agua hasta que quede bien caliente sin que hierva.
2. Se coloca la grenetina poco a poco y se va mezclando hasta que se disuelva muy bien.
3. Se coloca la glicerina y se mezcla.
4. Se colocan los 5 gr de tabique pulverizado y se mezcla.
5. Ya que se integraron bien todos los materiales, se apaga la parrilla y se sigue mezclando por un minuto hasta que la mezcla este tibia.
6. Se coloca la cucharada de vinagre y se mezcla bien.
7. Se hace el vaceado.
8. Al vaciarlo con una pala se esparsa el descarte al diseño deseado.
9. Se deja secar.

Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.



Figura 75: Materiales base BP-01.2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Figura 76: Resultado BP-01.2.

Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-01.2

Resultado:

La muestra presenta mucha flexibilidad, no sufrió fragmentos ni tampoco presentó reducción en cuanto al tamaño del molde. El color obtenido es un naranja marrón y el resultado de la transparencia que presenta el material le da un acabado interesante.

En cuanto a la textura, de un lado es lisa ligeramente rugosa por los pequeños granos del tabique pulverizado. Del otro lado, la textura es lisa ligeramente porosa.

Al momento de desmoldar la pieza fue importante lo siguiente:

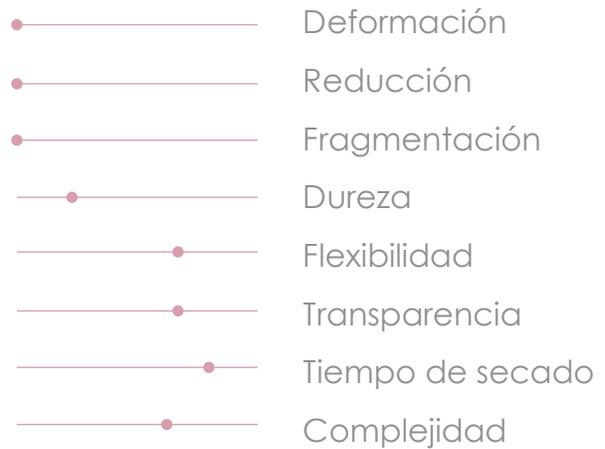
1. Se pasó un cutter por los bordes.
2. Se retiró la plastilina.
3. Se retiraron los palos de madera.
4. Se desprendió el material con mucho cuidado para no dañarlo.



Figura 77: Vaciado BP-01.2.

Elaborado por Jessica Morales Magaña

BP-01.3



Fórmula:

720 ml agua

144 gr grenetina

60 ml glicerina

53 gr residuo de tabique pulverizado

12 cucharadas soperas de vinagre blanco

Preparación:

1. Calentar el agua hasta que quede bien caliente sin que hierva.
2. Se coloca la grenetina poco a poco y se va mezclando hasta que se disuelva muy bien.
3. Se coloca la glicerina y se mezcla.
4. Se colocan los 53 gramos de tabique pulverizado y se mezcla.
5. Ya que se integraron bien todos los materiales, se apaga la parrilla y se sigue mezclando por un minuto hasta que la mezcla este tibia.
6. Se coloca la cucharada de vinagre y se mezcla bien.
7. Se hace el vaceado.
8. Al vaciarlo con una pala se esparsa el descarte al diseño deseado.
9. Se deja secar.

Este material tardó 8 días en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

BP-01.3

Resultado:

La muestra presenta mucha flexibilidad, no sufrió fragmentos ni tampoco presentó reducción en cuanto al tamaño del molde. El color obtenido es un naranja marrón y el resultado de la transparencia que presenta el material le da un acabado interesante.

En cuanto a la textura, de un lado es lisa ligeramente rugosa por los pequeños granos del tabique pulverizado. Del otro lado, la textura es lisa ligeramente porosa.

Al momento de desmoldar la pieza fue importante lo siguiente:

1. Se pasó un cutter por los bordes.
2. Se retiró la plastilina.
3. Se retiraron los palos de madera.
4. Se desprendió el material con mucho cuidado para no dañarlo.

Para esta preparación se aumentó la escala a 60 x 40 cm aproximadamente y el método de fabricación fue el mismo que en las muestras BP-01 y BP-01.2. Se utilizó el mismo molde de la muestra BP-02.



Figura 78: Resultado BP-01.3.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Figura 79: Resultado BP-01.3.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

EXPERIMENTACIÓN
SEGUNDA
FASE

DISEÑO DE MEZCLA
PRUEBAS DE LABORATORIO

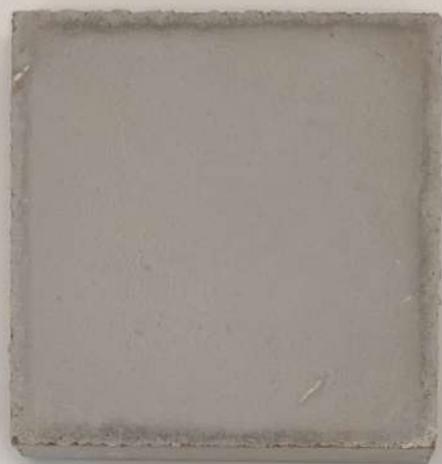


Figura 80: Resultados segunda fase experimental.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

SELECCIÓN DE LÍNEA DE DISEÑO

En la primera fase de la experimentación se trabajaron dos líneas de diseño, las cuales, en ambas se reutilizaron los RCD de tabique y concreto. En las dos líneas se obtuvieron resultados interesantes, sin embargo, se optó por elegir la línea de diseño 1, esto porque el material se apega más a la aplicación que se quiere alcanzar.

La línea de diseño 2 al ser un bioplástico se trata de un material mucho más experimental y que no abre muchas posibilidades de alcanzar la aplicación deseable, esto debido a su podible durabilidad.

Por ende, se busca evolucionar las exploraciones de la línea de diseño 1. En la última muestra que fue la MC-08 se presentó una gran fragmentación que hizo que el proyecto tomará un nuevo camino. Para obtener un material más resistente se decidió explorar con nuevos aglutinantes, los cuales, fueron cemento gris, cemento blanco y yeso. Se eligieron estos aglutinantes por se muy utilizados en la construcción y por su fácil adquisición.

Se busca que con estos nuevos aglutinantes la materialidad tenga un mejor resultado para alcanzar la aplicación de diseño deseada. Se elegirá trabajar con uno de estos aglutinantes o con los tres dependiendo de los resultados.

El siguiente paso será hacer las primeras pruebas de laboratorio que se requiere para su comprobación para uso en baldosas que principalmente son:

- Compresión
- Tensión

LÍNEA DE DISEÑO 1

Ventajas:

- Mayor dureza
- Menor fragmentación
- Facilidad de preparación
- Variedad de colorimetría
- Alto porcentaje de residuo
- Se pueden obtener en base a normas

Desventajas:

- Requiere un nuevo aglutinante

LÍNEA DE DISEÑO 2

Ventajas:

- Flexibilidad
- Ligereza
- Variedad de transparencias

Desventajas:

- Preparación compleja
- Poca resistencia para la aplicación buscada
- Poca porcentaje de residuo
- No es viable para la utilización en obra
- No se pueden obtener en base a normas

Figura 81: Evaluación de líneas de diseño.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

MR-01



●	Deformación
●	Reducción
●	Fragmentación
●	Dureza
●	Flexibilidad
●	Transparencia
●	Tiempo de secado
●	Complejidad

Fórmula:

3 porciones de residuo de tabique pulverizado

3 porciones de cemento gris

2.5 porciones de agua

Preparación:

1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cemento gris.
2. Se colocan 2.5 porciones de agua y se mezcla con el cemento.
3. Se colocan las 3 porciones de tabique pulverizado.
4. Se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 1 día en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presentó gran dureza y no se fragmentó. Por otro lado, se obtuvo un acabado brillante debido al molde utilizado.

MR-02



●	Deformación
●	Reducción
●	Fragmentación
●	Dureza
●	Flexibilidad
●	Transparencia
●	Tiempo de secado
●	Complejidad

Fórmula:

3 porciones de residuo de tabique pulverizado
3 porciones de cemento blanco
2.5 porciones de agua

Preparación:

1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de cemento blanco.
2. Se colocan 2.5 porciones de agua y se mezcla con el cemento.
3. Se colocan las 3 porciones de tabique pulverizado.
4. Se mezcla todo.
5. Se hace el vaciado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 1 día en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presentó gran dureza y no se fragmentó. Por otro lado, se obtuvo un acabado brillante debido al molde utilizado.

MR-03



Fórmula:

3 porciones de residuo de tabique pulverizado

3 porciones de yeso

2.5 porciones de agua

Preparación:

1. En un recipiente se colocan las 3 porciones de yeso.
2. Se colocan 2.5 porciones de agua y se mezcla con el yeso.
3. Se colocan las 3 porciones de tabique pulverizado.
4. Se mezcla todo.
5. Se hace el vaceado.
6. Se deja secar.

Este material tardó 1 día en secar, después de ese tiempo se retiró la muestra del molde.

Resultado:

La muestra presentó gran dureza y no se fragmentó. Por otro lado, en esta muestra se obtuvo un acabado mate.



Figura 82: Resultados muestras MR.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Muestra: MR-01

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 35.30%



Muestra: M

Aglutinante:

Medidas:

Peso: 400

Porcentaje





MR-02
Material: cemento blanco
Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm
Peso: 320 gramos
Porcentaje de residuo: 35.30%



Muestra: MR-03
Aglutinante: yeso
Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm
Peso: 320 gramos
Porcentaje de residuo: 35.30%



Figura 83: Resultados muestras MR.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezcla se buscaban los siguientes objetivos:

- Crear una mezcla fácil de preparar en obra.
- Desarrollar una fórmula que mantenga una composición similar a la utilizada tradicionalmente en obra.
- Optimizar la mezcla para aprovechar al máximo el agregado proveniente de la trituración mecanizada.
- Diseñar una mezcla que facilite la obtención de acabados estéticos de manera más práctica y manejable.

Para el diseño de la mezcla fue fundamental la forma de preparación, por lo cual, se tomó de referencia la forma tradicional en como se prepara el concreto para construcción.

Primeramente, el concreto lleva 4 componentes principales que son:

1. Cemento
2. Arena como agregado fino
3. Grava como agregado grueso
4. Agua

La forma de preparación siempre es por porciones, las cuales, en obra generalmente se toman con una cubeta de 19 litros y el cemento por bulto. Es decir, que una cubeta equivale a una proporción.

El concreto se prepara con diferentes proporciones según la resistencia que se busque y el uso que tendrá. La proporción siempre se representa con tres cifras, por ejemplo, la expresión "1:2:3" en el contexto de la dosificación de concreto se refiere a la proporción relativa de los tres ingredientes principales: cemento, arena y agregado grueso. Cada número representa la cantidad relativa de cada material en la mezcla, y estos dígitos se expresan generalmente en términos de volumen. Así que esta mezcla llevaría 1 porción de cemento, 2 porciones arena y 3 porciones de grava.

Entendiendo este funcionamiento de porciones, se partió de estas expresiones para que el diseño de las mezclas a explorar se realicen de la misma forma que se hace el concreto tradicional utilizando cemento, agregado fino y agregado grueso.

Por ende, se utiliza una de las dosificaciones más comunes que se utilizan en construcción que son 1:3:4 que genera un concreto con resistencia a la compresión de 150 kg/cm² y de 1:2:2 que genera un concreto con resistencia a la compresión de 250 kg/cm²; y se propone la tercera dosificación de 2:4 basada en la forma de hacer mortero pero agregándole una porción más de cemento.

TABLA DE DOSIFICACIÓN / 1 M ³ DE CONCRETO									
MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Fc)			CEMENTO		ARENA (m ³)	GRAVILLA (m ³)	LITROS DE AGUA	
	Kg/cm ²	PSI	MPa	KILOS	BULTOS			AGREGADO HUMEDO	AGREGADO SECO
1:2:2	280	4000	27	420	8.5	0.67	0.67	180	200
1:2:2 1/2	249	3555	24	380	7.5	0.6	0.76	170	190
1:2:3	226	3224	22	350	7	0.55	0.84	160	180
1:2:3 1/2	210	3000	20	320	6.5	0.52	0.9	160	180
1:2:4	200	2850	19	300	6	0.48	0.95	145	170
1:2 1/2:4	189	2700	18	280	5.3	0.55	0.89	145	170
2:1:2:4 1/2	179	2560	17	260	5.5	0.52	0.94	140	160
1:3:3	168	2400	16	300	6	0.72	0.72	145	170
1:3:4	159	2275	15	260	6.3	0.63	0.83	140	185
1:3:5	140	2000	14	230	4.5	0.55	0.92	135	160
1:3:6	119	1700	12	210	4	0.5	1	130	155
1:4:7	109	1560	11	175	3.5	0.55	0.98	120	145
1:4:8	99	1420	10	160	3.3	0.65	1.03	110	140

TABLA DE DOSIFICACIÓN / 1 M ³ DE MÓRTERO								
MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Fc)			CEMENTO		ARENA (M ³)	LITROS DE AGUA	
	Kg/Cm ²	PSI	MPA	KILOS	BULTOS		AGREGADO HUMEDO	AGREGADO SECO
1:2	310	4400	30	510	12.5	0.97	220	250
1:3	280	3980	27	454	9	1.09	185	220
1:4	240	3400	23	364	7.3	1.16	170	185
1:5	200	2850	19	302	6	1.18	150	170
1:6	160	2280	16	260	5.3	1.2	140	150
1:7	120	1700	12	228	4.5	1.25	130	140

Figura 84: Dosificaciones para concreto y mortero. (Pérez, 2023).

Cabe mencionar que la dosificación para la tercera mezcla surge debido a que para la trituración de los residuos se utilizó una máquina de desgaste los angeles y al momento de triturar se obtiene en su mayor porcentaje agregado fino en comparación al grueso, estimando una obtención del 70% de agregado fino homogéneo contra el 30% obtenido de material en proporción de mayor dimensión como se muestra en la siguiente figura.



Figura 85: Resultado de trituración de tabique rojo.

Como se mencionó en capítulos anteriores se decide trabajar con residuos base que fueron el tabique rojo y el concreto para generar las diferentes experimentaciones. Resultando las siguientes mezclas:

Mezcla 01:

- 1 porción de cemento nuevo
- 2 porciones de residuo como agregado fino de concreto
- 2 porciones de residuo como agregado grueso de tabique
- 2.5 porciones de agua

Mezcla 02:

- 1 porción de cemento nuevo
- 3 porciones de residuo como agregado fino de tabique
- 4 porciones de residuo como agregado grueso de tabique
- 2.5 porciones de agua

Mezcla 03:

- 2 porciones de cemento nuevo
- 4 porciones de residuo como agregado fino de tabique
- 2.5 porciones de agua

Las características se buscan lograr son:

1. Resistencia: la resistencia a la compresión mínima de 50 kg/cm² para la utilización como baldosa.
2. Durabilidad: dureza comparable con el concreto.
3. Dureza: que el material final presente características físicas de rigidez.
4. Trabajabilidad: facilidad para manejar la mezcla. Para ciertas exploraciones en la etapa de diseño es necesario que la mezcla sea más fluida.
5. Tiempo de fraguado: se requiere una mezcla de fraguado rápido.
6. Impacto ambiental: diseño de una mezcla que no requiera de cocción y seque a intemperie.
7. Estética: que la mezcla final tenga un aspecto físico estético y que permita tener diferentes efectos de acabados y colores.

PRUEBAS DE MATERIAL

Durante la fase experimental de sometimiento a diferentes pruebas mecánicas bajo la norma oficial, se encuentran:

PRUEBA	NORMA OFICIAL
General	NMX-C-422-ONNCCE-2019 Industria de la Construcción-Losetas cerámicas esmaltadas y sin esmaltar para piso y muro, especificaciones y métodos de ensayo.
Compresión	PROY-NMX-C-083-ONNCCE-2020 Industria de la construcción concreto determinación de la resistencia a la compresión de especímenes método de ensayo
Tensión	NMX-C-163-ONNCCE-2019 Industria de la Construcción Concreto determinación de la resistencia a la tensión método de ensayo.
Flexión	ASTM C880-06
Absorción	NMX-C-504-ONNCCE-2015 industria de la construcción: determinación de la absorción capilar en concreto.
Granulometría	NMX-C-077-ONNCCE-2019: Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo.

Figura 86: Tabla de pruebas y normas.

Estas diferentes pruebas se realizaron con apoyo, equipo y asesoría del laboratorio de materiales de la facultad de arquitectura de la UMSNH, la M. Alejandra Murillo y el equipo técnico. Así como, para las pruebas de flexión se contó con el apoyo y asesoramiento del laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería civil de la UMSNH y del Ing. Adrian.

Para las pruebas se consideró como punto de comparación o testigo productos del mercado estudiados en sus propiedades físico mecánicas, de los cuales, se seleccionaron 2 estudios que presentan los siguientes datos:

1. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del tabique de barro recocido para la ciudad de Aguascalientes y área conurbada, autor Arq. Mayran Daniela Aguilera. En este estudio encuentran que las principales características del material analizado son su resistencia promedio a la compresión es de 70 kg/cm², mientras que las propiedades de absorción del material se encuentran entre el 31% y el 35%. (Aguilera, 2016)

2. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería, autores Nelson Afanador García, Gustavo Guerrero Gómez y Richard Monroy Sepúlveda. Este estudio encuentra en estos ladrillos cerámicos del municipio de Ocoña una resistencia promedio a la compresión de 13.34 a 39.50 Kg/cm², una resistencia a la flexión de 16.62 Kg/cm² y una absorción promedio de 15.20 al 25.60%. (Nelson Afanador García, Gustavo Guerrero Gómez & Richard Monroy Sepúlveda, 2012)

Así como un producto existente en el mercado llamado todobarro, que dentro de sus especificaciones se encuentra que el material tienen una absorción promedio de 6% al 15% y una carga de rotura de 3200 N. (Todobarro, 2024)

Primeramente, se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión y tensión, las cuales se trabajaron en el laboratorio de materiales de la facultad de arquitectura. Para estas pruebas se siguieron los siguientes pasos:

1. Generación de las 3 diferentes mezclas.
2. Generación de 3 especímenes por mezclas.
3. Se desmoldaron los especímenes después de 1 día de secado.
4. Se curaron los especímenes en agua con cal.
5. Se realizaron las pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días y pruebas de tensión a 28 días.

En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es la de 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo distinto a los de 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos. Las edades más usuales en tales casos pueden ser 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días. En algunas ocasiones y de acuerdo a las características de la obra, esa determinación no es solo informativa, si no normativa, fijado así en las condiciones contractuales.

La edad de 28 días se eligió en los momentos en que se comenzaba a estudiar a fondo la tecnología del concreto, por razones técnicas y prácticas. Técnicas porque para los 28 días ya el desarrollo de resistencia está avanzado en gran proporción y para la tecnología de la construcción esperar ese tiempo no afectaba significativamente la marcha de las obras. Prácticas porque 28 días es un múltiplo de los días de la semana y evita ensayar en día festivo un concreto que se vació en días laborables. Pero las razones técnicas han cambiado sustancialmente porque con los métodos constructivos actuales 28 días puede significar un decisivo adelanto de la obra por encima de los volúmenes de concreto cuya calidad no se conoce.

Durante el procedimiento en base a los resultados obtenidos se fueron tomando ciertas decisiones de cual mezcla era la más óptima para lograr desarrollar la pieza final en base a la visión y características que se buscaban.

MEZCLA 01

- 1 porción de cemento nuevo
- 2 porciones de residuo como agregado fino de concreto
- 2 porciones de residuo como agregado grueso de tabique
- 2.5 porciones de agua





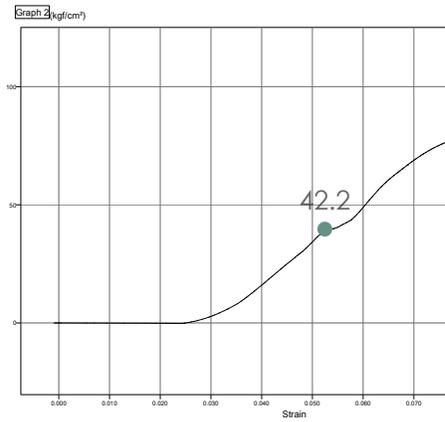
Figura 87: Especímenes mezcla 01.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 7 días

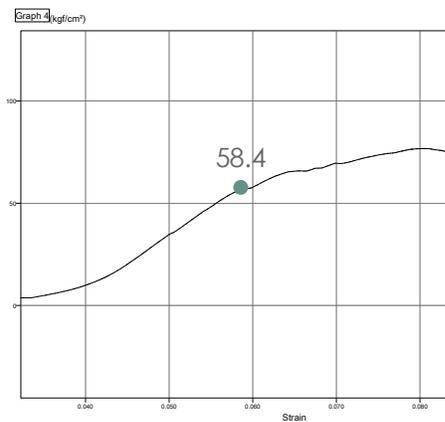
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5 cm

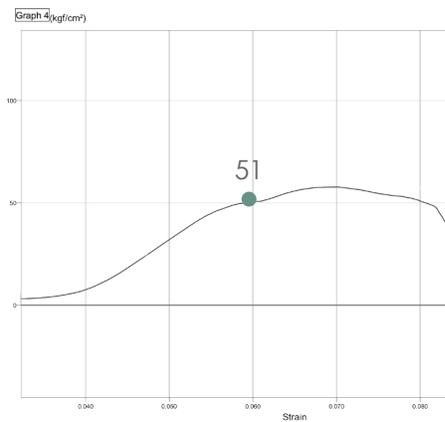


Figura 88: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 7 días, mezcla 1:2:2

RESUMEN DE RESULTADOS

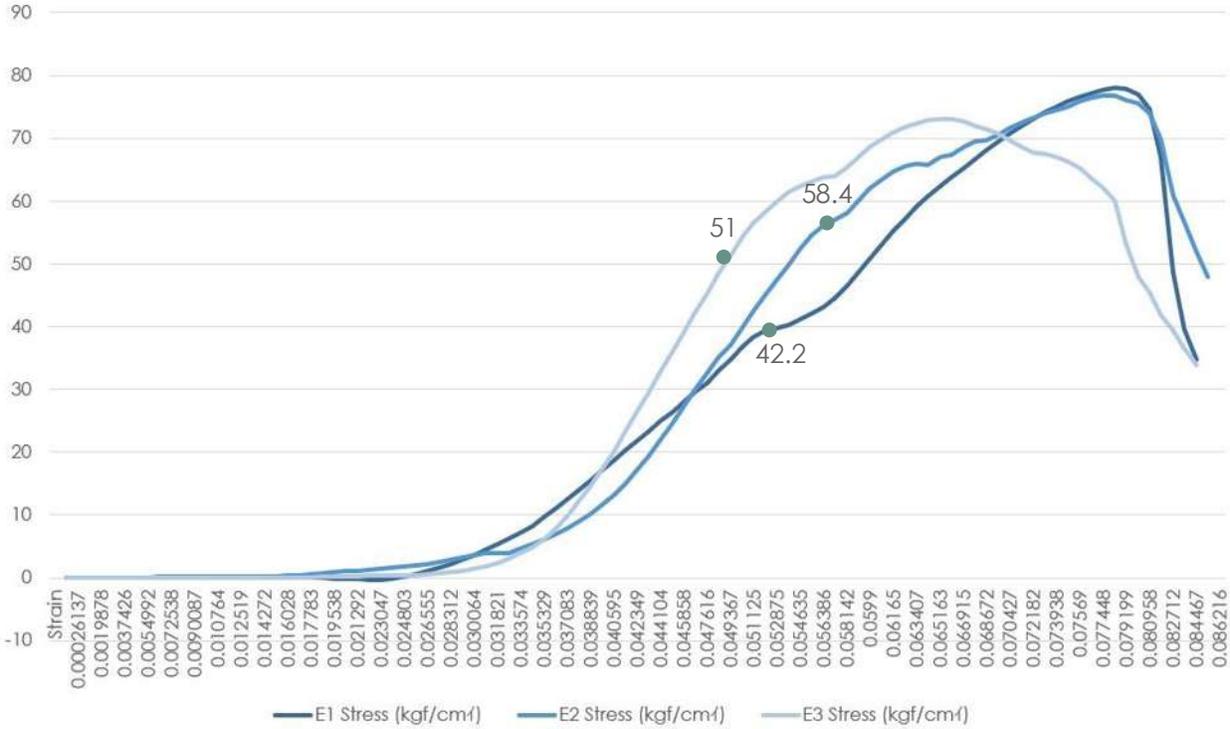


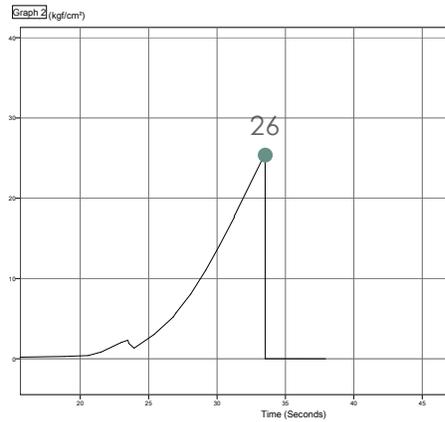
Figura 89: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 7 días, mezcla 1:2:2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS TENSIÓN

Prueba 28 días

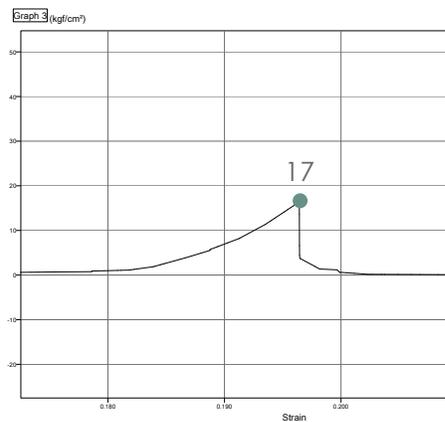
Espécimen 1

Dimensiones: 1.9 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 2.2 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 2 cm x 2.3 cm x 2.6 cm

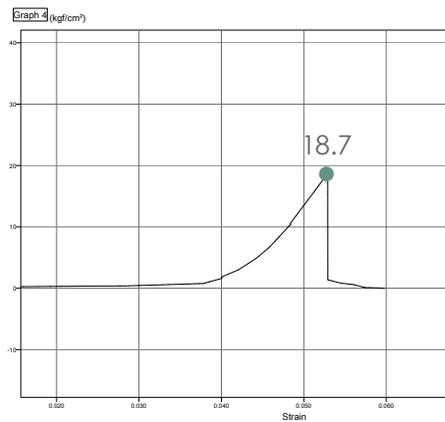


Figura 90: Gráficas de resultados de máquina, pruebas tensión 28 días, mezcla 1:2:2

RESUMEN DE RESULTADOS

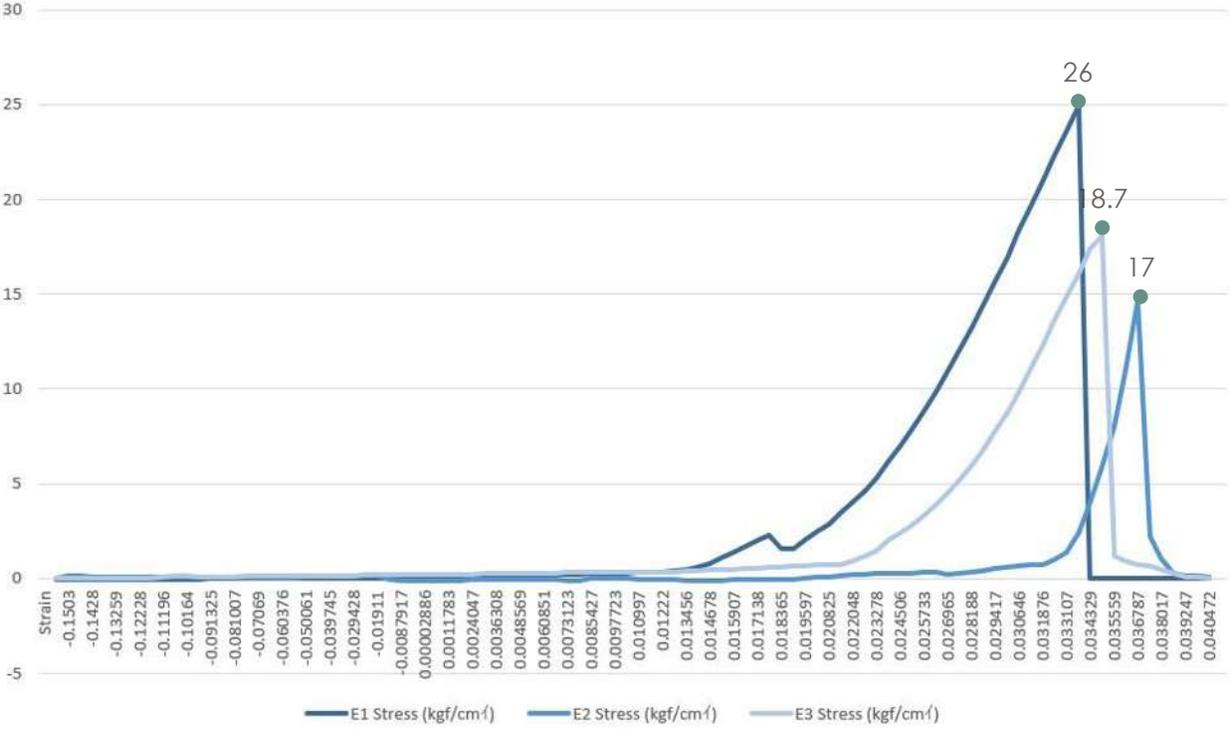


Figura 91: Resumen de análisis de resultados, pruebas tensión, 28 días, mezcla 1:2:2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

MEZCLA 02

- 1 porción de cemento nuevo
- 3 porciones de residuo como agregado fino de tabique
- 4 porciones de residuo como agregado grueso de tabique
- 2.5 porciones de agua

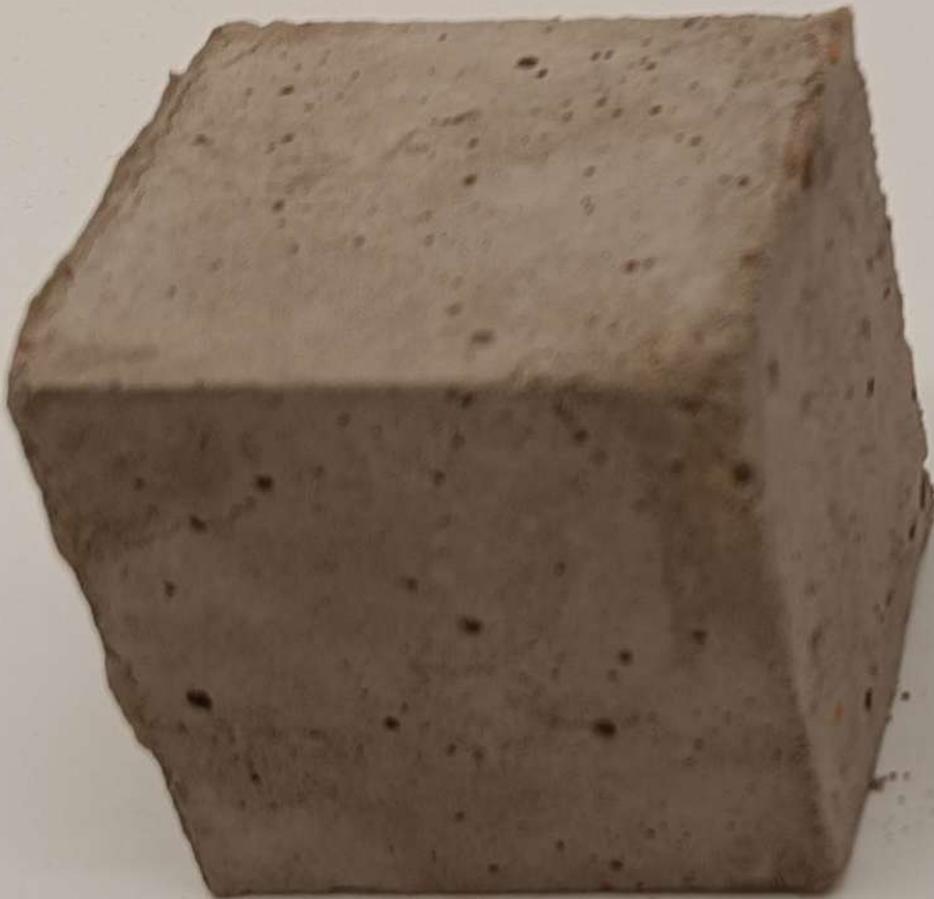




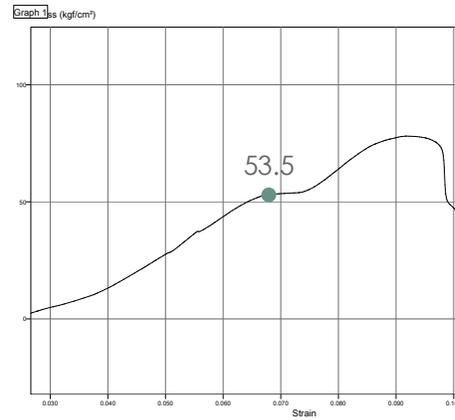
Figura 92: Especímenes mezcla 02.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 7 días

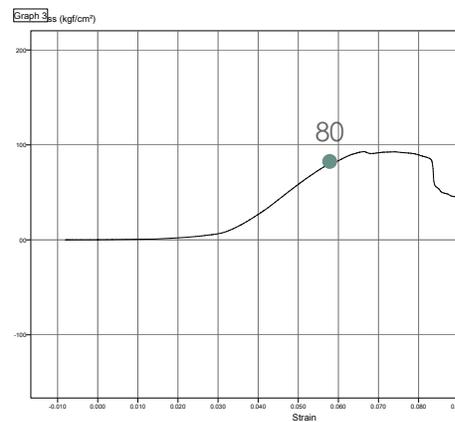
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5.1 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 4.7 cm x 5 cm

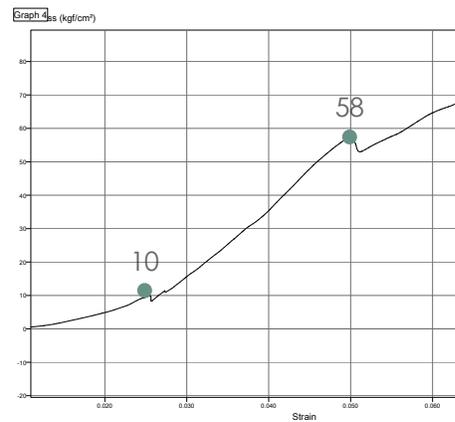


Figura 93: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 7 días, mezcla 1:3:4

RESUMEN DE RESULTADOS

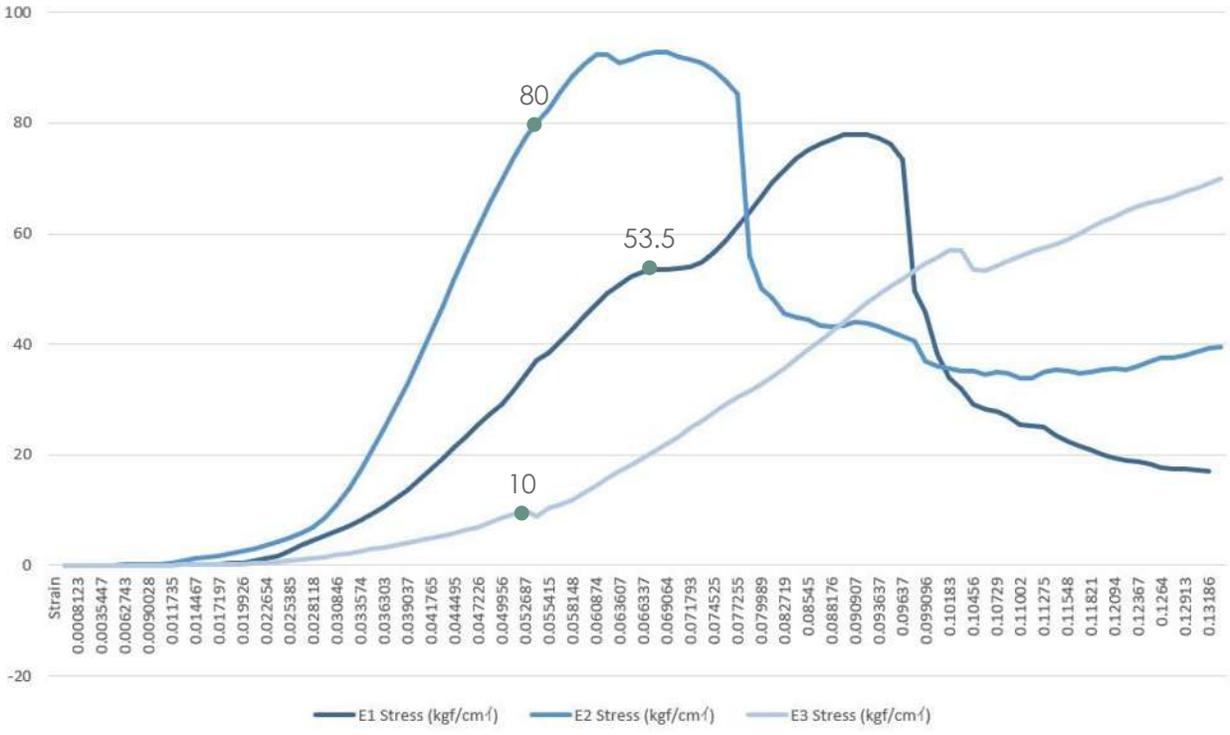


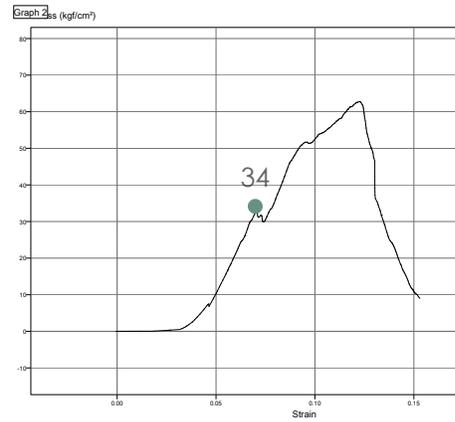
Figura 94: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 7 días, mezcla 1:3:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 14 días

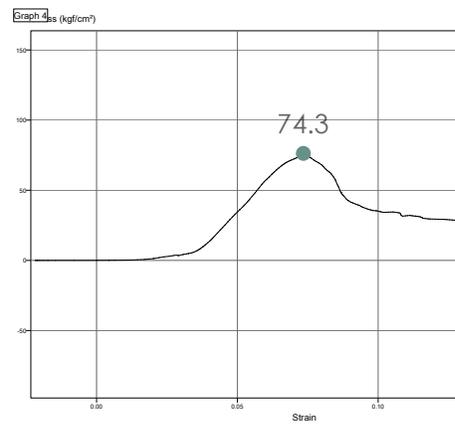
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 4.8 cm x 4.9 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5.1 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 4.8 cm x 4.7 cm

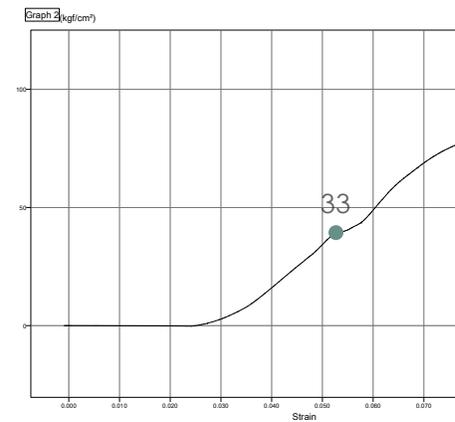


Figura 95: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 14 días, mezcla 1:3:4.

RESUMEN DE RESULTADOS

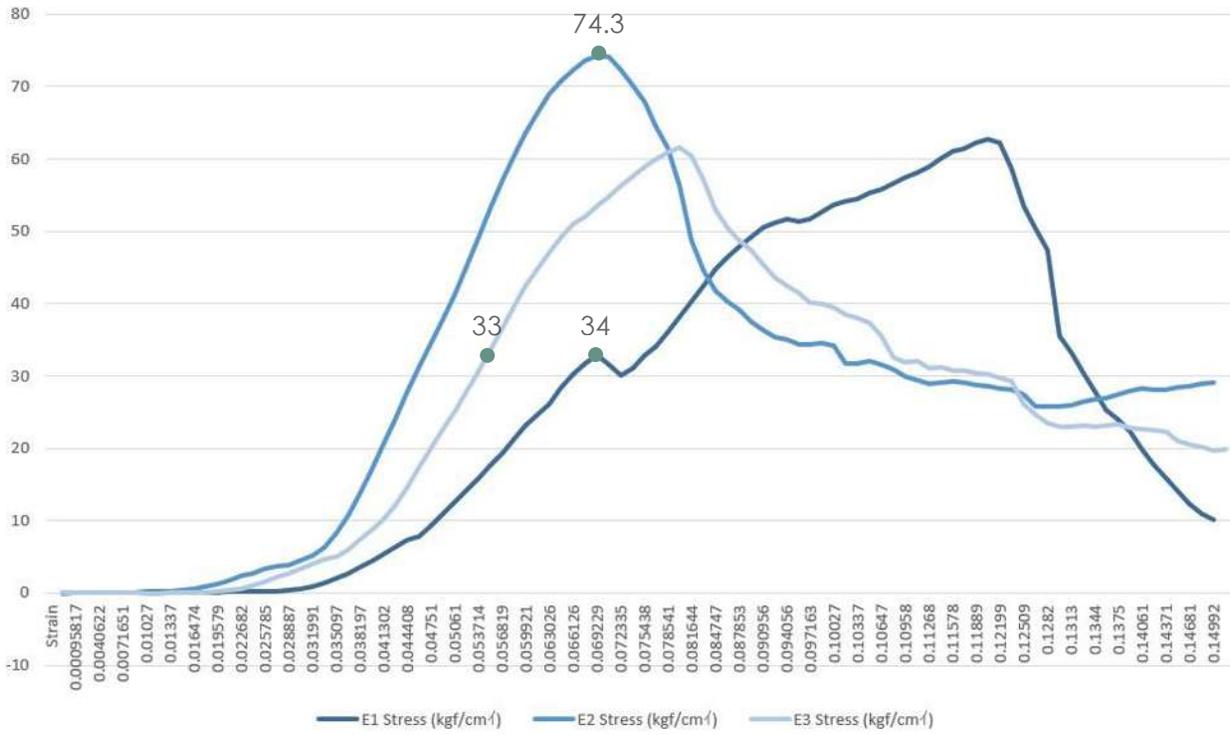


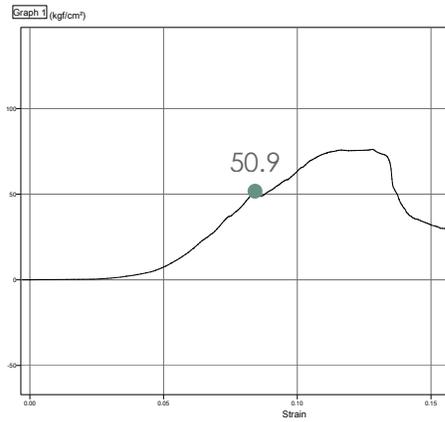
Figura 96: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 14 días, mezcla 1:3:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 28 días

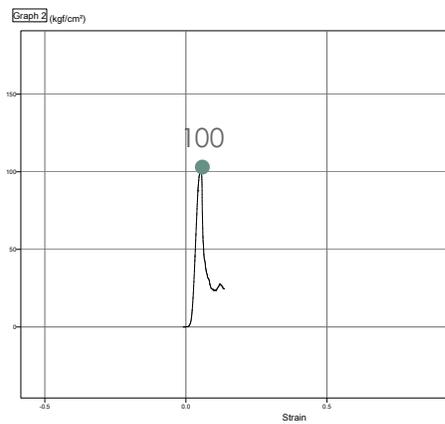
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 4.8 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5 cm x 4.6 cm x 5.5 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5 cm

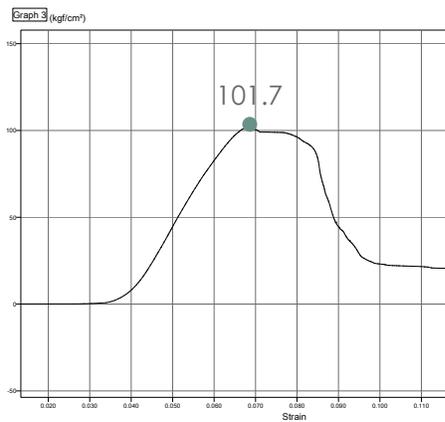


Figura 97: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 28 días, mezcla 1:3:4.

RESUMEN DE RESULTADOS

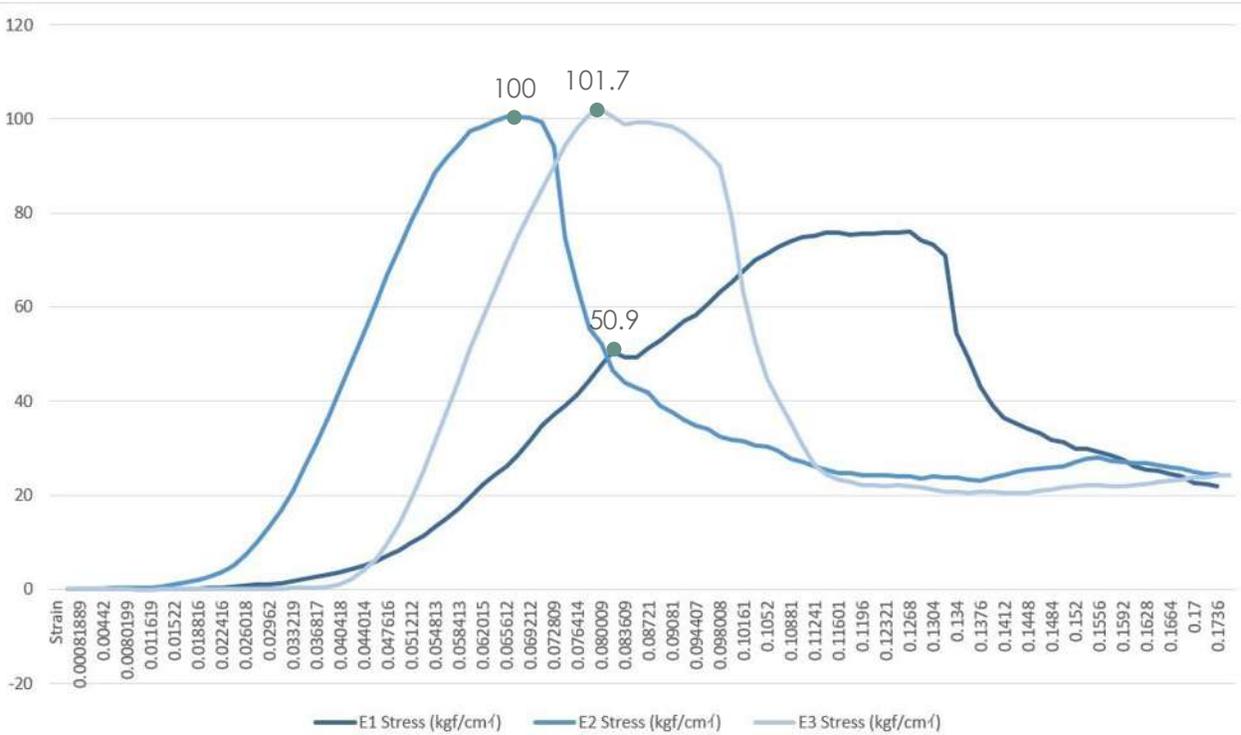


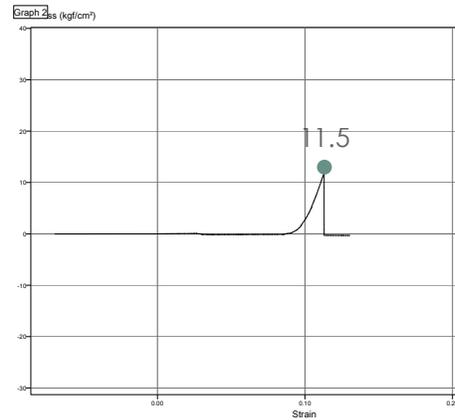
Figura 98: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 28 días, mezcla 1:3:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS TENSIÓN

Prueba 28 días

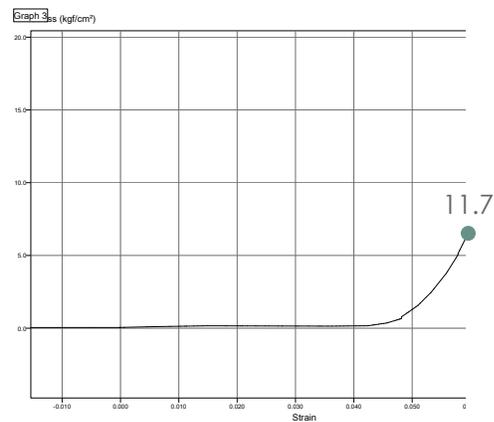
Espécimen 1

Dimensiones: 1.8 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 2.2 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 1.9 cm x 2.3 cm x 2.6 cm

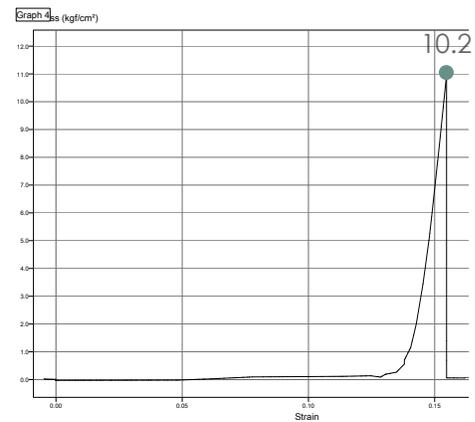


Figura 99: Gráficas de resultados de máquina, pruebas tensión 28 días, mezcla 1:3:4.

RESUMEN DE RESULTADOS

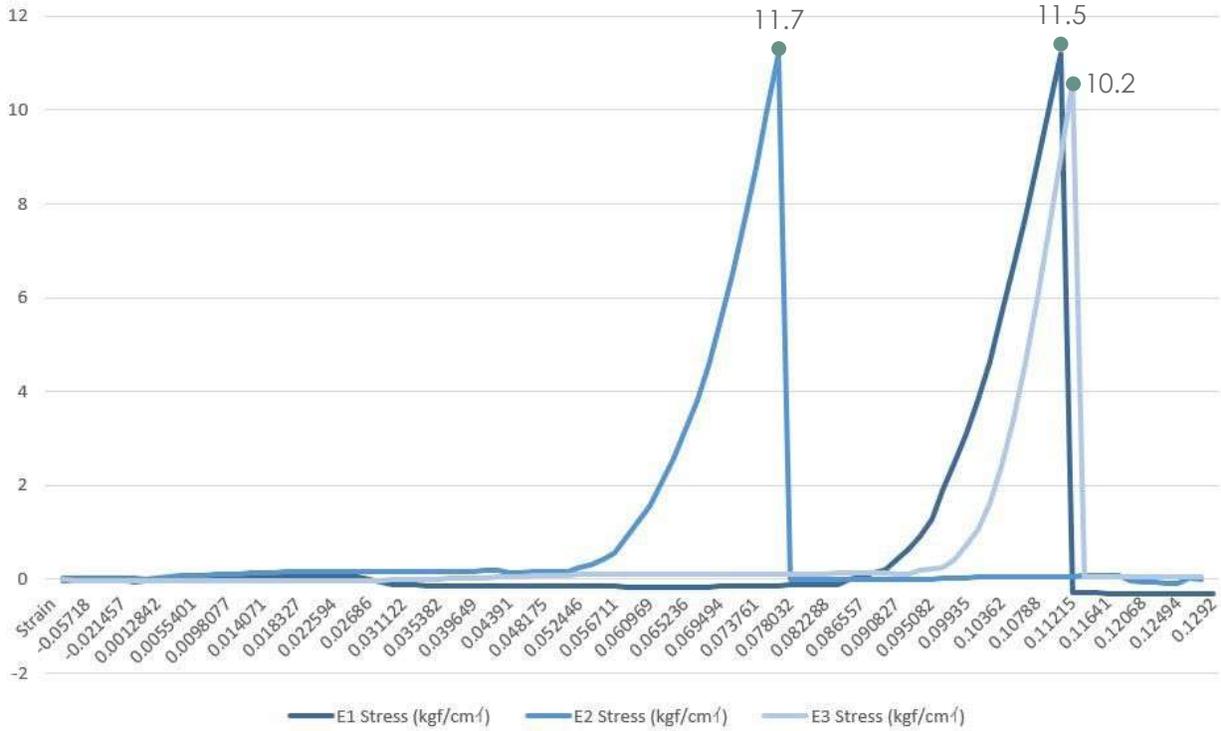


Figura 100: Resumen de análisis de resultados, pruebas tensión, 28 días, mezcla 1:3:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

MEZCLA 03

- 2 porciones de cemento nuevo
- 4 porciones de residuo como agregado fino de tabique
- 2.5 porciones de agua





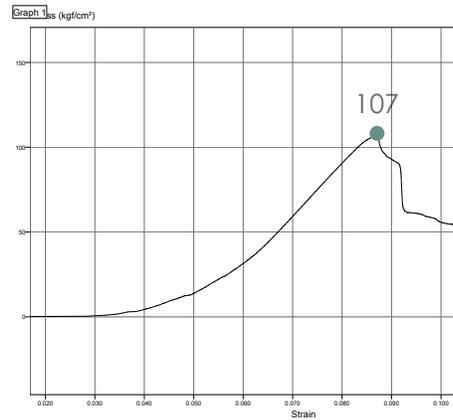
Figura 101: Especímenes mezcla 03.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 7 días

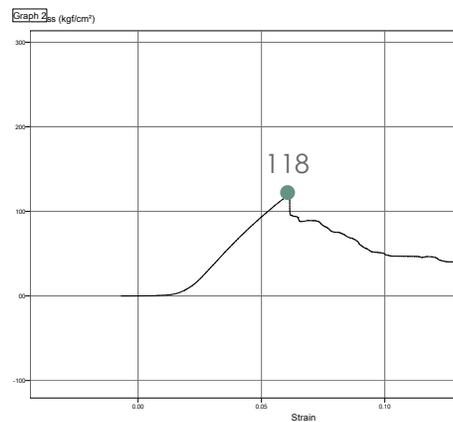
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5.1 cm x 5 cm x 5 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5.1 cm

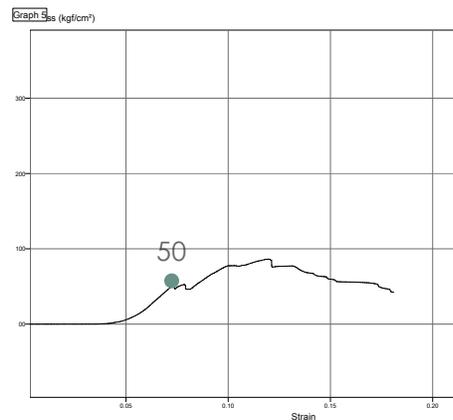


Figura 102: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 7 días, mezcla 2:4

RESUMEN DE RESULTADOS

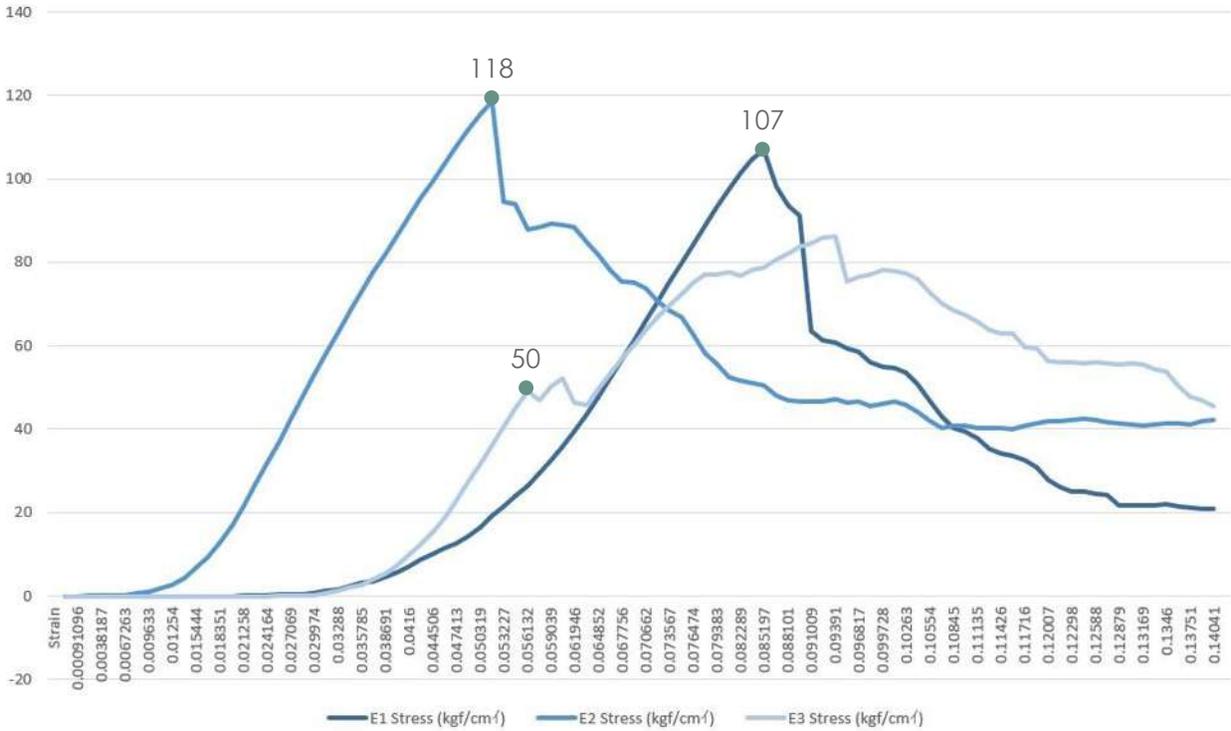


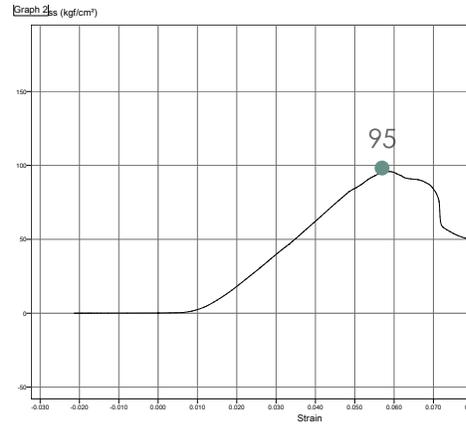
Figura 103: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 7 días, mezcla 2:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 14 días

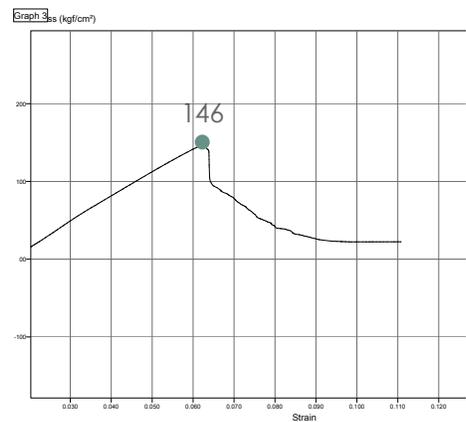
Espécimen 1

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 4.7 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5.1 cm x 5 cm x 4.6 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 4.9 cm x 5 cm

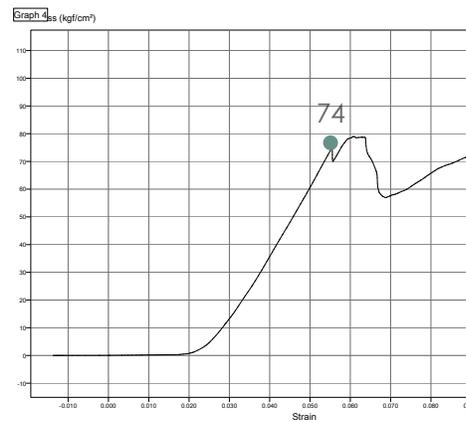


Figura 104: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 14 días, mezcla 2:4

RESUMEN DE RESULTADOS

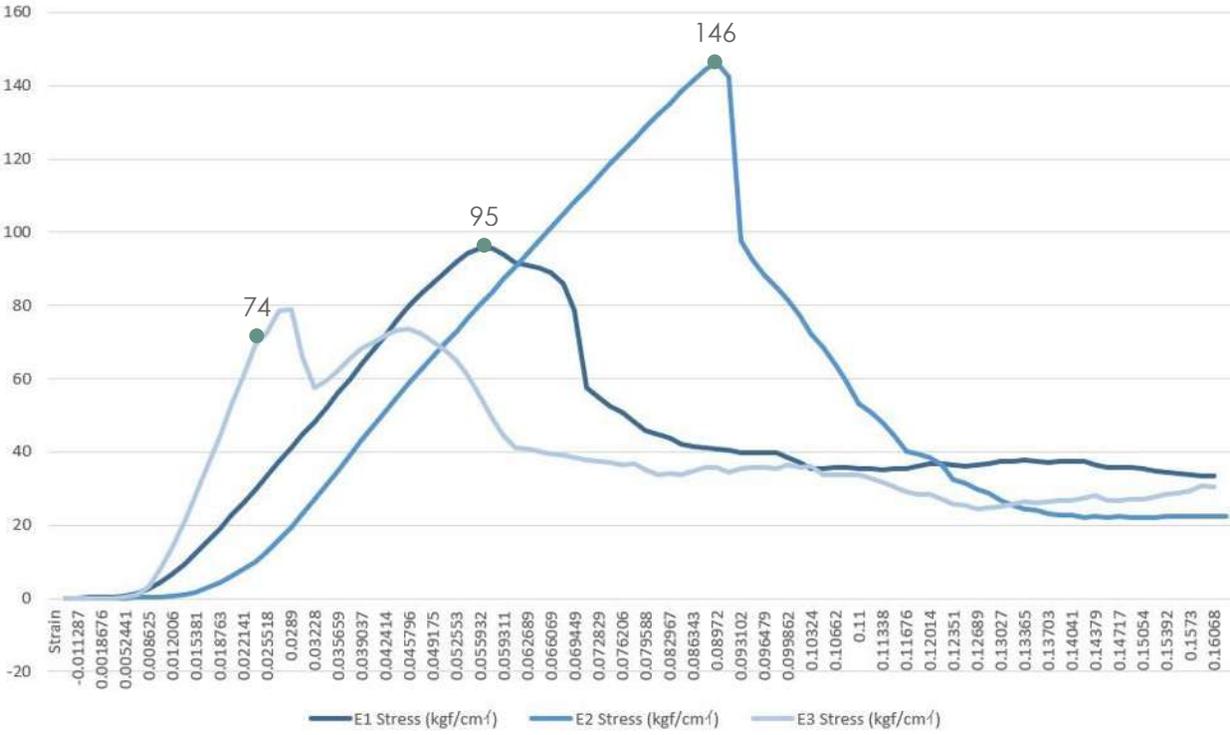


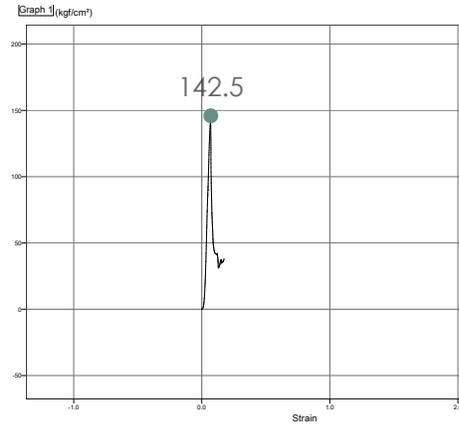
Figura 105: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 14 días, mezcla 2:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS COMPRESIÓN

Prueba 28 días

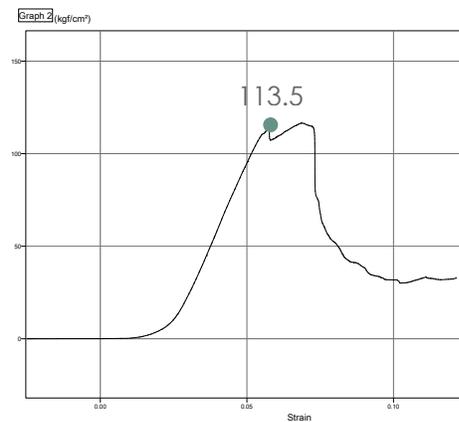
Espécimen 1

Dimensiones: 4.6 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 4.9 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 5 cm x 5 cm x 5 cm

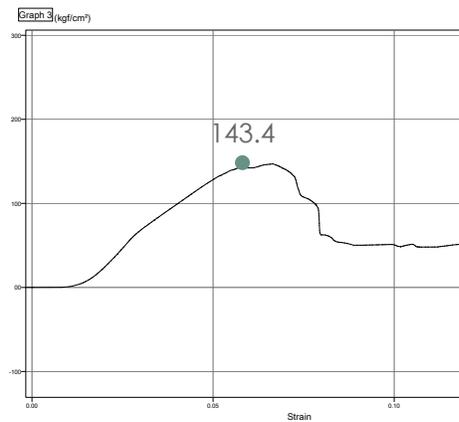


Figura 106: Gráficas de resultados de máquina, pruebas compresión 28 días, mezcla 2:4

RESUMEN DE RESULTADOS

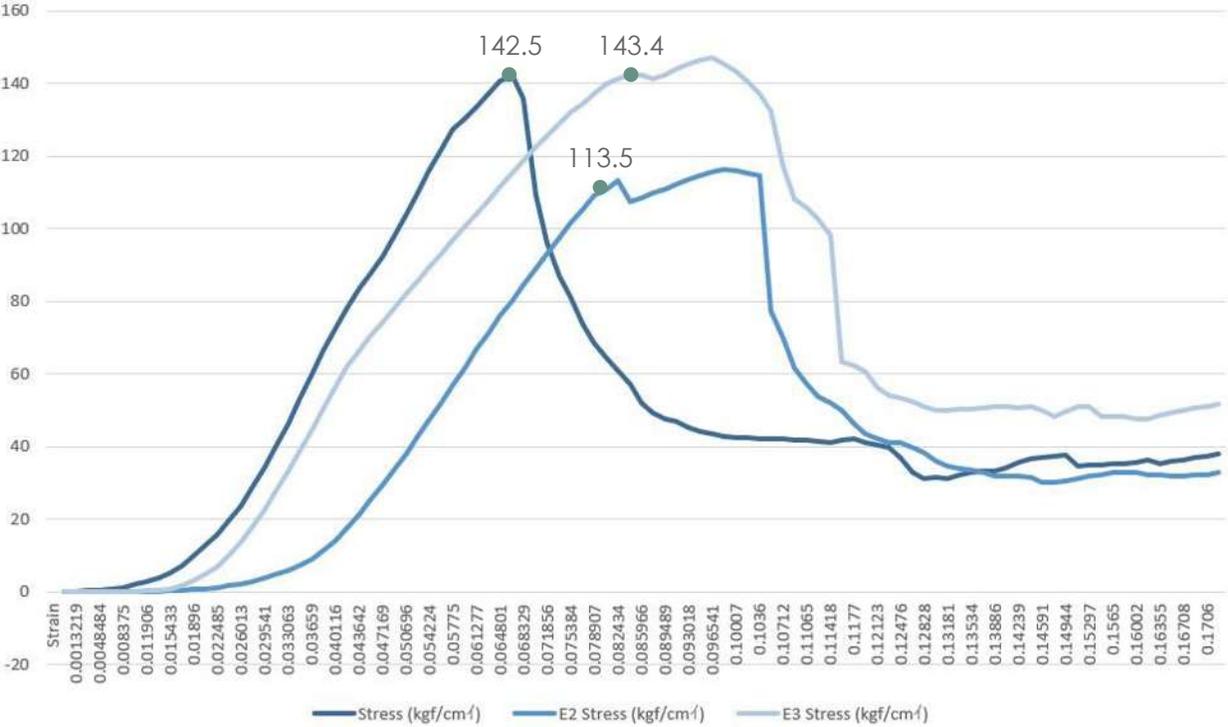


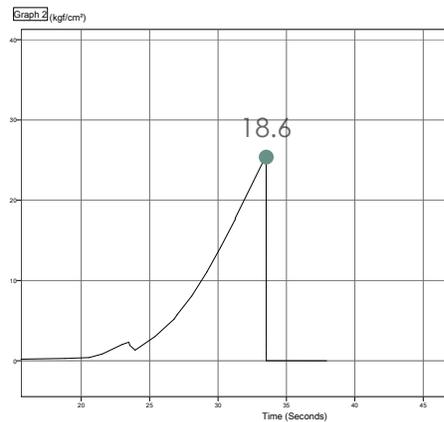
Figura 107: Resumen de análisis de resultados, pruebas compresión, 28 días, mezcla 2:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBAS TENSIÓN

Prueba 28 días

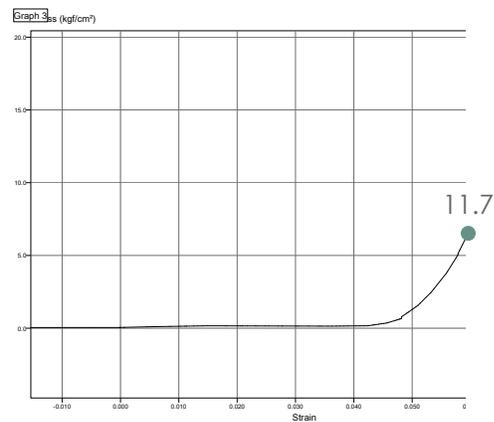
Espécimen 1

Dimensiones: 1.8 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 2

Dimensiones: 2.2 cm x 2.3 cm x 2.6 cm



Espécimen 3

Dimensiones: 1.9 cm x 2.3 cm x 2.6 cm

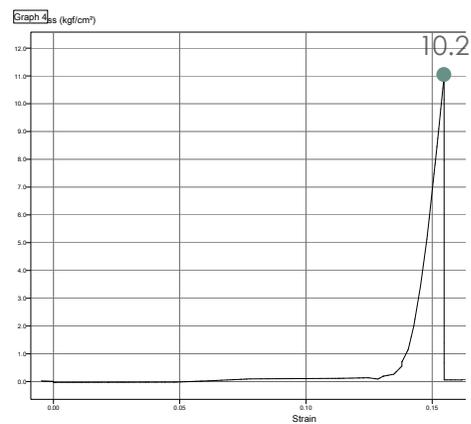


Figura 108: Gráficas de resultados de máquina, pruebas tensión 28 días, mezcla 2:4.

RESUMEN DE RESULTADOS

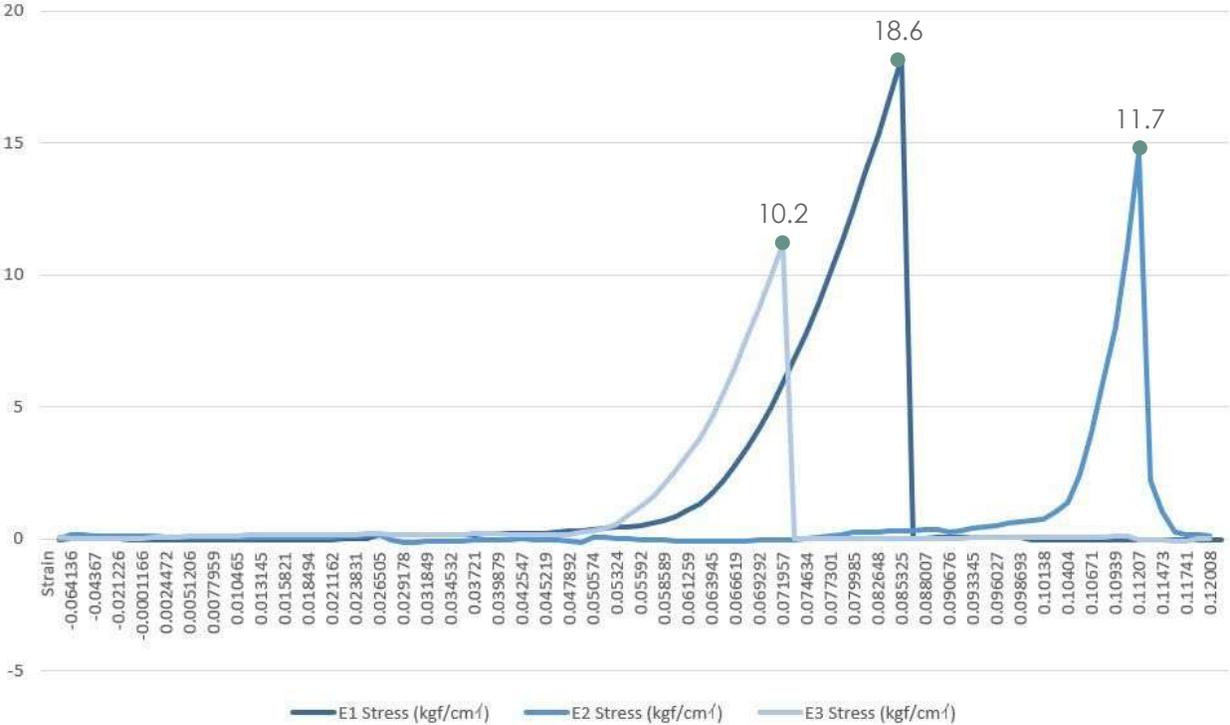


Figura 109: Resumen de análisis de resultados, pruebas tensión, 28 días, mezcla 2:4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ANÁLISIS DE RESULTA

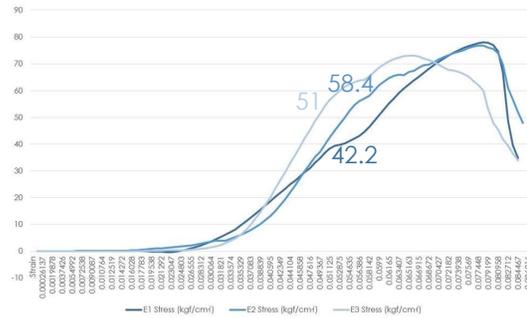
MEZCLA 01

- 1 porción de cemento nuevo
- 2 porciones de residuo como agregado fino de concreto
- 2 porciones de residuo como agregado grueso de tabique

MEZ

- 1
- 3
- 4

7 DÍAS



14 DÍAS

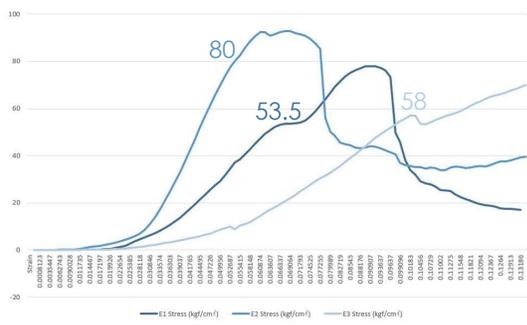
28 DÍAS

Menor cantidad de concreto y agregado fino

ADOS COMPRESIÓN

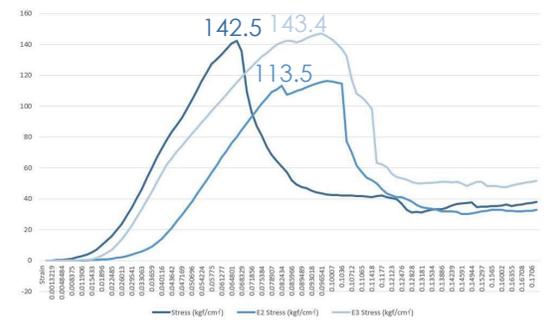
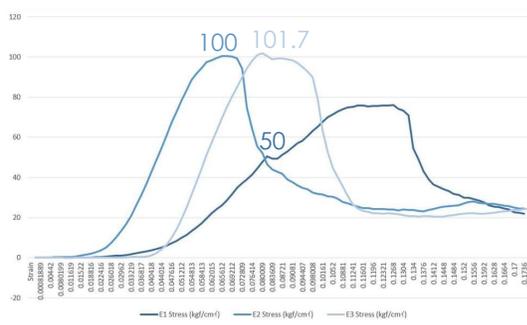
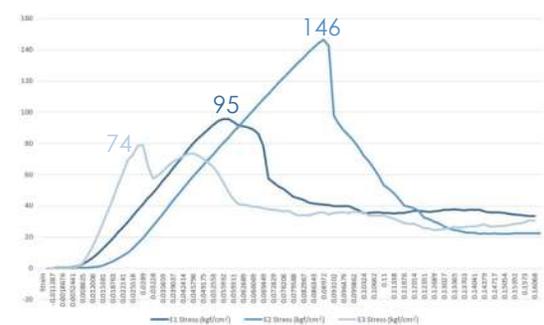
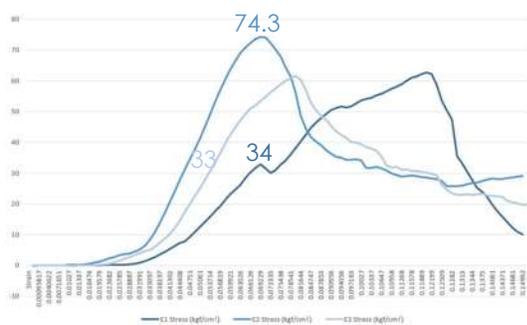
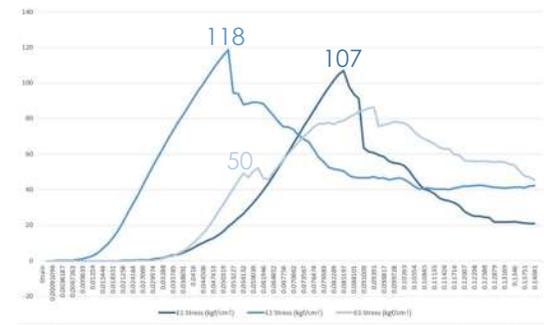
MEZCLA 02

1 porción de cemento nuevo
 4 porciones de residuo como agregado fino de tabique
 2 porciones de residuo como agregado grueso de tabique



MEZCLA 03

2 porciones de cemento nuevo
 4 porciones de residuo como agregado fino de tabique



➔ + Mayor cantidad de concreto y agregado fino

Figura 110: Resumen de resultados de compresión. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización de la prueba de resistencia a la compresión se realizaron cubos de 5 x 5x 5 cm y se sometieron a la prueba a una edad de 7, 14 y 28 días, el procedimiento de aplicación de carga fue bajo la normativa (NMX-C-083-ON-NCCE-2020).

Para cada prueba se realizaron 3 especímenes, de los cuales, se presentan las resistencias más altas en cada periodo en la siguiente tabla:

Mezcla	7 días	14 días	28 días
Mezcla 01	58.4 kg/cm ²		
Mezcla 02	80 kg/cm ²	74.3 kg/cm ²	101.7 kg/cm ²
Mezcla 03	118 kg/cm ²	146 kg/cm ²	143.4 kg/cm ²

Figura 111: Tabla de resultados prueba de resistencia a la compresión cubos.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Mezcla	Porcentaje de residuo de construcción
Mezcla 01	53.33%
Mezcla 02	63.63%
Mezcla 03	47.05%

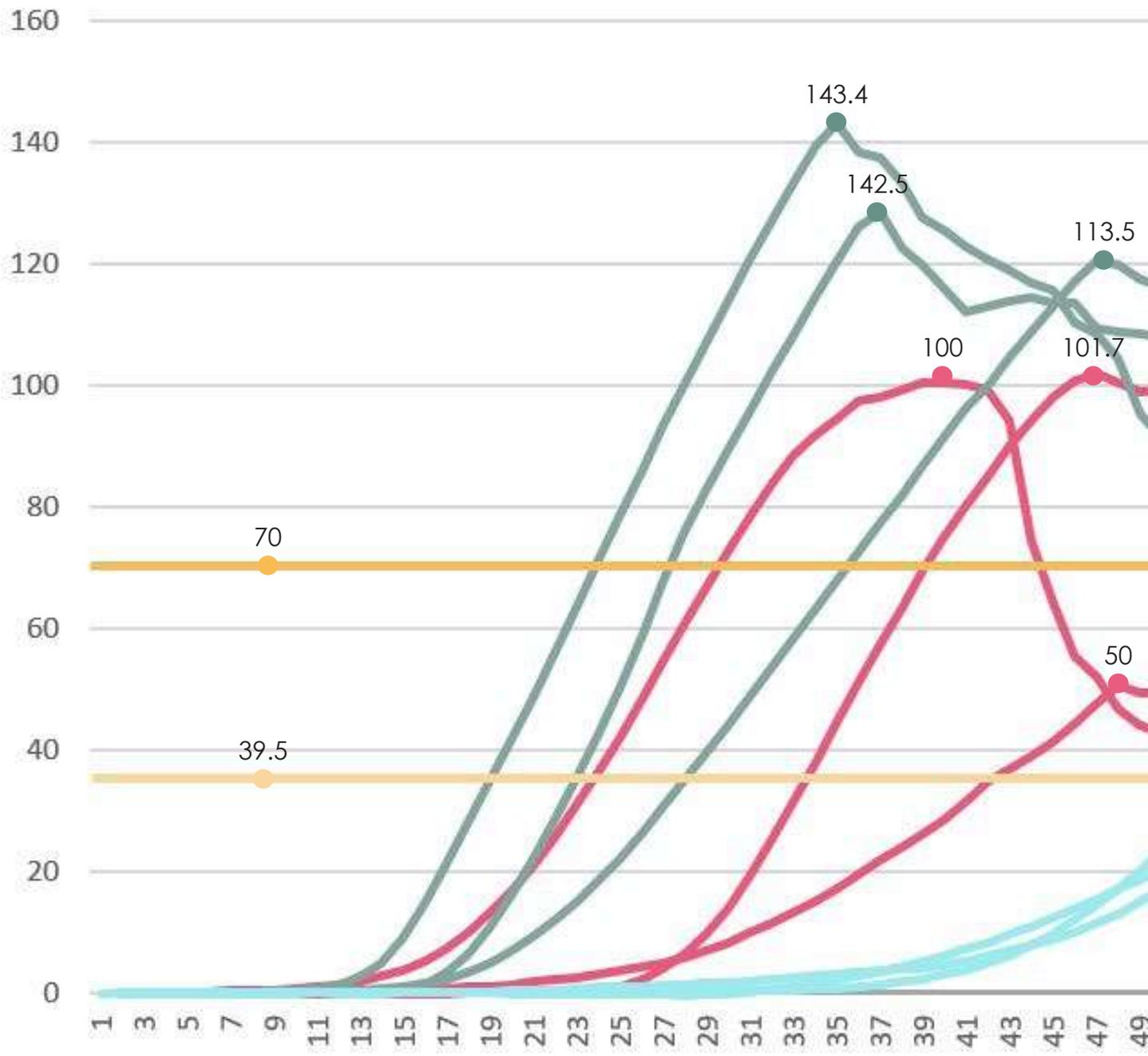
Figura 112: Tabla de contenido de residuos de construcción en mezclas.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.



Figura 113: Prueba de resistencia a la compresión.

RESUMEN DE RESULTA



- Mezcla 1
- Mezcla 2
- Mezcla 3
- Testigo 1, tabique Aguascalientes
- Testigo 2, tabique Ocoña

ADOS COMPRESIÓN

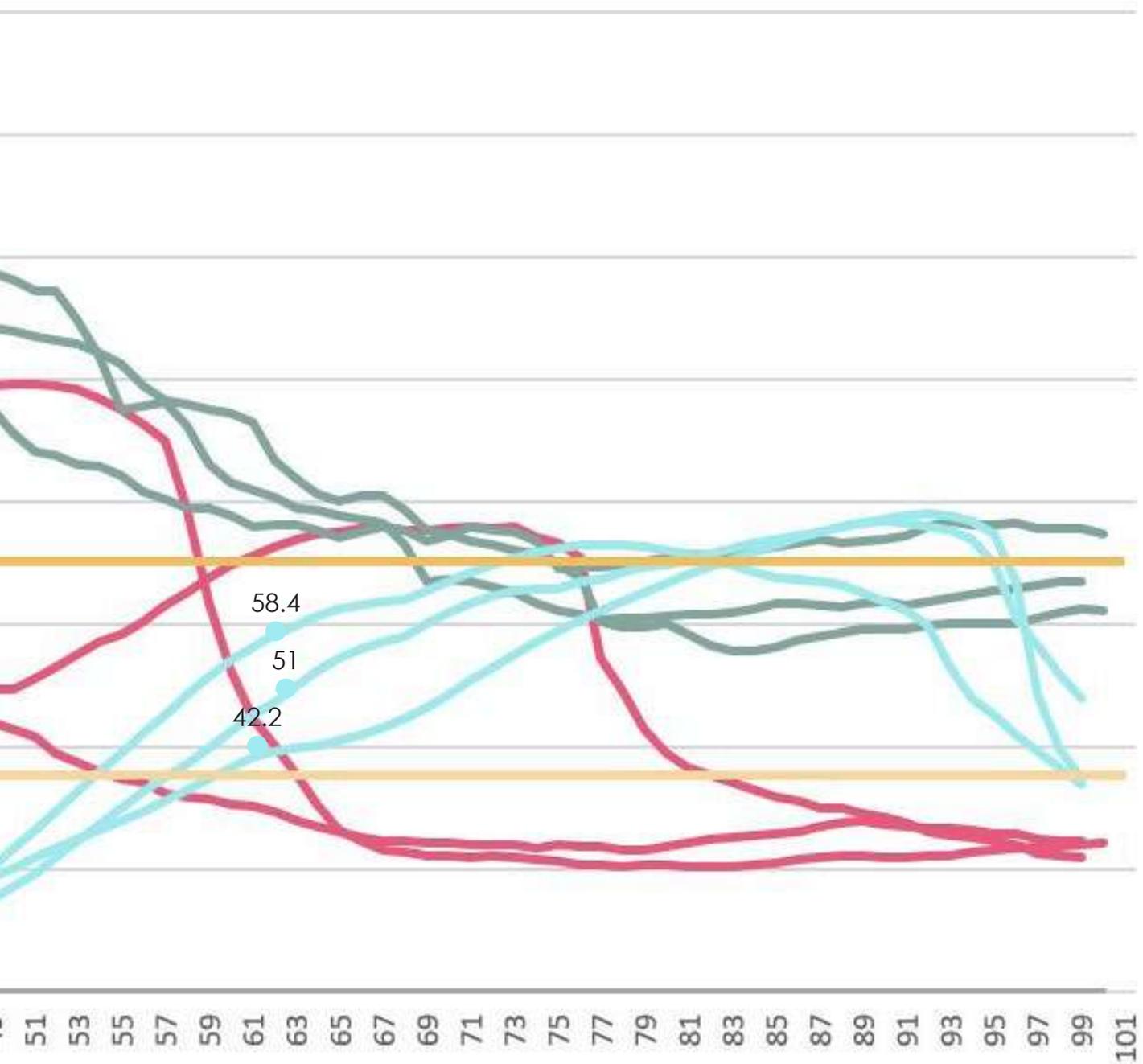


Figura 114: Resumen de resultados compresión.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Analizando los resultados las 3 mezclas superaron a los 2 testigos de los estudios de referencia de tabiques de barro de Aguascalientes (70kg/cm²) y Ocoña (39.50 kg/cm²). A pesar que para las mezclas 2 y 3 se utilizó residuo de tabique rojo se logró adquirir mayor resistencia a la compresión que los testigos.

Mezcla 1: Esta mezcla, que utilizó proporciones iguales de residuos como agregados gruesos y finos (2:2), presentó una resistencia a la compresión relativamente baja en comparación con las otras dos mezclas, con un rango de 42.2 a 58.4 kg/cm². La variabilidad entre las muestras (42.2, 58.4 y 51 kg/cm²) sugiere una posible falta de homogeneidad en la mezcla o una menor interacción efectiva entre el cemento y los residuos utilizados como agregados. Esto podría ser debido a la proporción limitada de cemento, lo que genera una menor cantidad de material cohesivo para unir los agregados.

Mezcla 2: Con una mayor cantidad de agregados gruesos (4 porciones) y una ligera reducción en los agregados finos (3 porciones), esta mezcla alcanzó resistencias a la compresión mucho más altas, con valores que oscilan entre 50.9 y 101.7 kg/cm². Esto muestra que un aumento en la cantidad de agregado grueso contribuye a mejorar la resistencia a la compresión, aunque se nota una variabilidad considerable entre las muestras. A pesar de la mayor resistencia global, la dispersión en los resultados (50.9, 100, y 101.7 kg/cm²) podría indicar una distribución no homogénea de los agregados o una influencia del tamaño y forma de las partículas de residuo.

Mezcla 3: Esta mezcla, que contiene el doble de cemento que las anteriores y solo utiliza residuo fino como agregado, exhibió los valores más altos de resistencia a la compresión, con un rango de 113.5 a 143.4 kg/cm². Esto sugiere que el incremento en la proporción de cemento refuerza la mezcla, proporcionando una mayor cohesión y mejorando la compactación de los agregados finos. La reducción en la variabilidad entre muestras (142.5, 113.5 y 143.4 kg/cm²) indica una mayor consistencia en los resultados y mejor homogeneidad en la mezcla.

Estos resultados evidencian que la resistencia a la compresión del material puede variar significativamente según el tipo de arcilla utilizada, la cual varía dependiendo de la zona geográfica de extracción. Esto sugiere que las propiedades intrínsecas de cada tipo de arcilla pueden influir directamente en las características del material final, afectando incluso las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión. Es importante entender esta variabilidad, ya que puede impactar en la calidad y el rendimiento del producto final, en este caso, la baldosa.

A partir de los datos obtenidos, se puede concluir que el material producido muestra una resistencia suficiente para cumplir con los requisitos establecidos en el diseño de baldosas. Este resultado es alentador, ya que asegura una parte de viabilidad del material para su uso en la fabricación de baldosas.

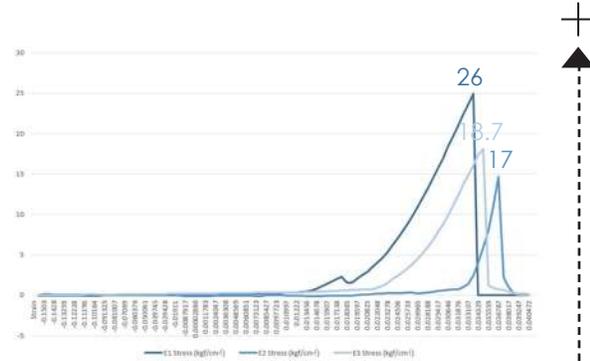
Además, es importante destacar que las mezclas 1 y 3 demostraron mayor consistencia en sus resultados, manteniendo una aproximación más uniforme en los tres especímenes evaluados. En contraste, la mezcla 2 mostró variabilidad, con resultados consistentes en solo dos de los tres especímenes. Este comportamiento podría deberse a diferencias en la composición de la mezcla o en el proceso de elaboración, lo que subraya la importancia de un control de calidad riguroso durante la preparación del material para garantizar la uniformidad en el producto final.

ANÁLISIS DE RESULTADOS TENSIÓN

28 DÍAS

MEZCLA 01

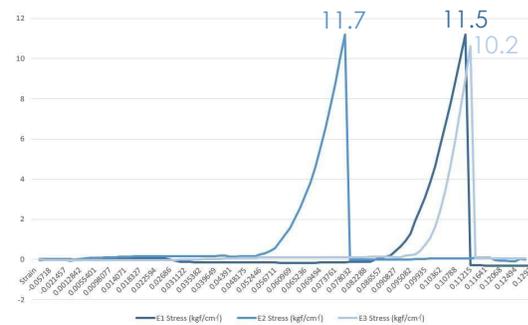
- 1 porción de cemento nuevo
- 2 porciones de residuo como agregado grueso
- 2 porciones de residuo como agregado fino



28 DÍAS

MEZCLA 02

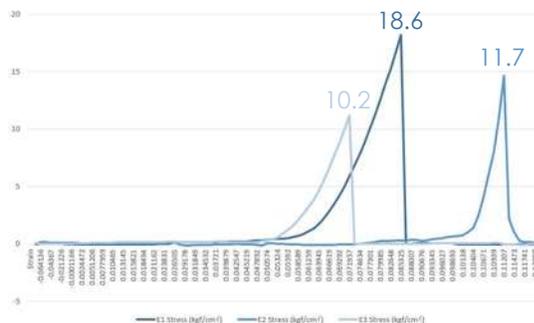
- 1 porción de cemento nuevo
- 4 porciones de residuo como agregado grueso
- 3 porciones de residuo como agregado fino



28 DÍAS

MEZCLA 03

- 2 porciones de cemento nuevo
- 4 porciones de residuo como agregado fino



Menor cantidad de concreto y agregado fino

Mayor cantidad de concreto y agregado fino

Figura 115: Resumen de resultados prueba de tensión.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización de la prueba de resistencia a la tensión se realizaron probetas en forma de cacahuete y se sometieron a la prueba a una edad de 28 días, el procedimiento de aplicación de carga fue bajo la normativa (NMX-C-163-ON-NCCE-2019).

Para cada prueba se realizaron 3 especímenes, de los cuales, se presentan las resistencias más altas en la siguiente tabla:

Mezcla	28 días
Mezcla 01	26 kg/cm ²
Mezcla 02	11.7 kg/cm ²
Mezcla 03	18.6 kg/cm ²

Figura 116: Tabla de resultados prueba de resistencia a la tensión.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Se observó que entre mayor agregado grueso tuviera la fórmula adquiere mayor resistencia a la tensión, sin embargo, las 3 mezclas presentaron resultados muy próximos entre ellas.

RESUMEN DE RESU



- Mezcla 1
- Mezcla 2
- Mezcla 3

ULTADOS TENSIÓN

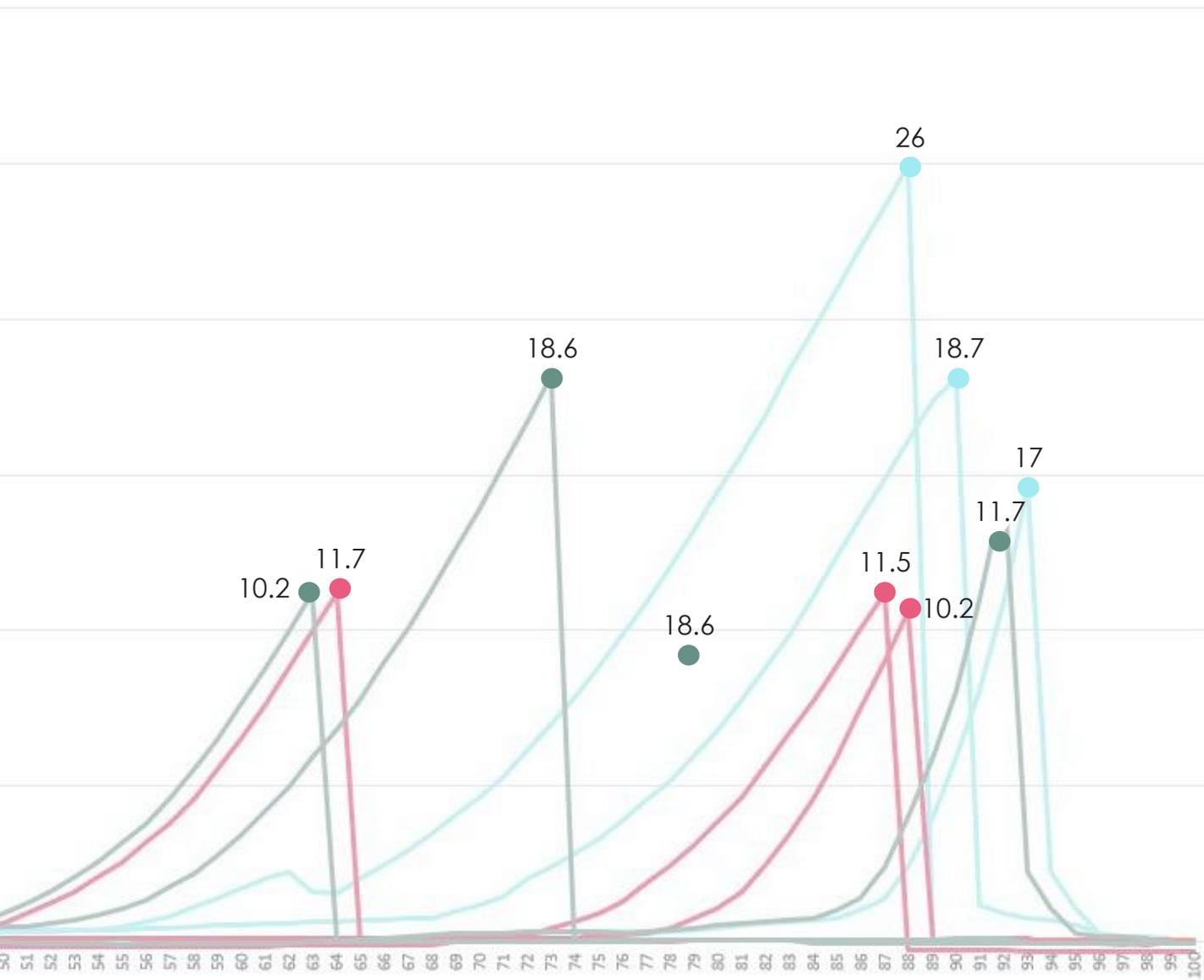


Figura 117: Resumen de resultados tensión.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mezcla 1: Los resultados para la resistencia a la tensión muestran una variabilidad entre 17 y 26 kg/cm². Estos valores son relativamente altos comparados con las otras mezclas, sugiriendo que la proporción equilibrada entre los agregados gruesos y finos proporciona una resistencia moderada a la tensión. La variabilidad observada entre las muestras indica posibles inconsistencias en la distribución de las partículas finas y gruesas.

Mezcla 2: A pesar de la alta resistencia a la compresión, la mezcla 2 presentó las resistencias a la tensión más bajas, con valores que oscilan entre 10.2 y 11.7 kg/cm². Esto puede deberse a la cantidad más elevada de agregado grueso en la mezcla, lo que podría haber dificultado la creación de una matriz suficientemente densa y cohesiva para resistir las fuerzas de tensión.

Mezcla 3: A pesar de tener la mayor resistencia a la compresión, la mezcla 3 no mostró una resistencia a la tensión proporcional, con valores entre 10.2 y 18.6 kg/cm². Este comportamiento puede estar relacionado con la falta de agregados gruesos en la mezcla, lo que podría afectar negativamente la capacidad de resistir esfuerzos de tracción.

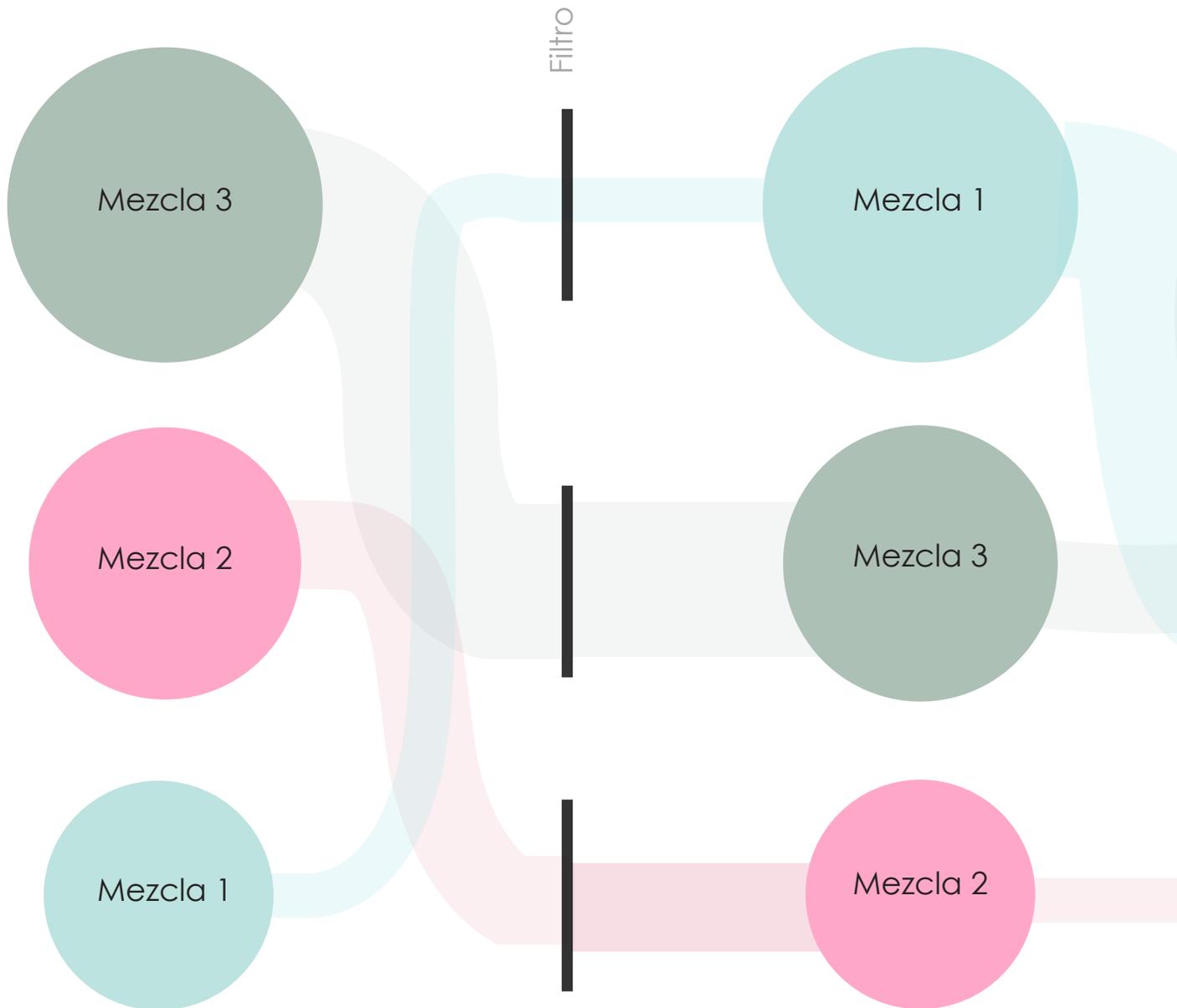


Figura 118: especimen de prueba de tensión.

ELECCIÓN DE

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA A LA TENSIÓN



MEZCLA FINAL

MAYOR PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE
AGREGADO RESULTANTE DE MÁQUINA LOS
DESGASTE LOS ANGELES

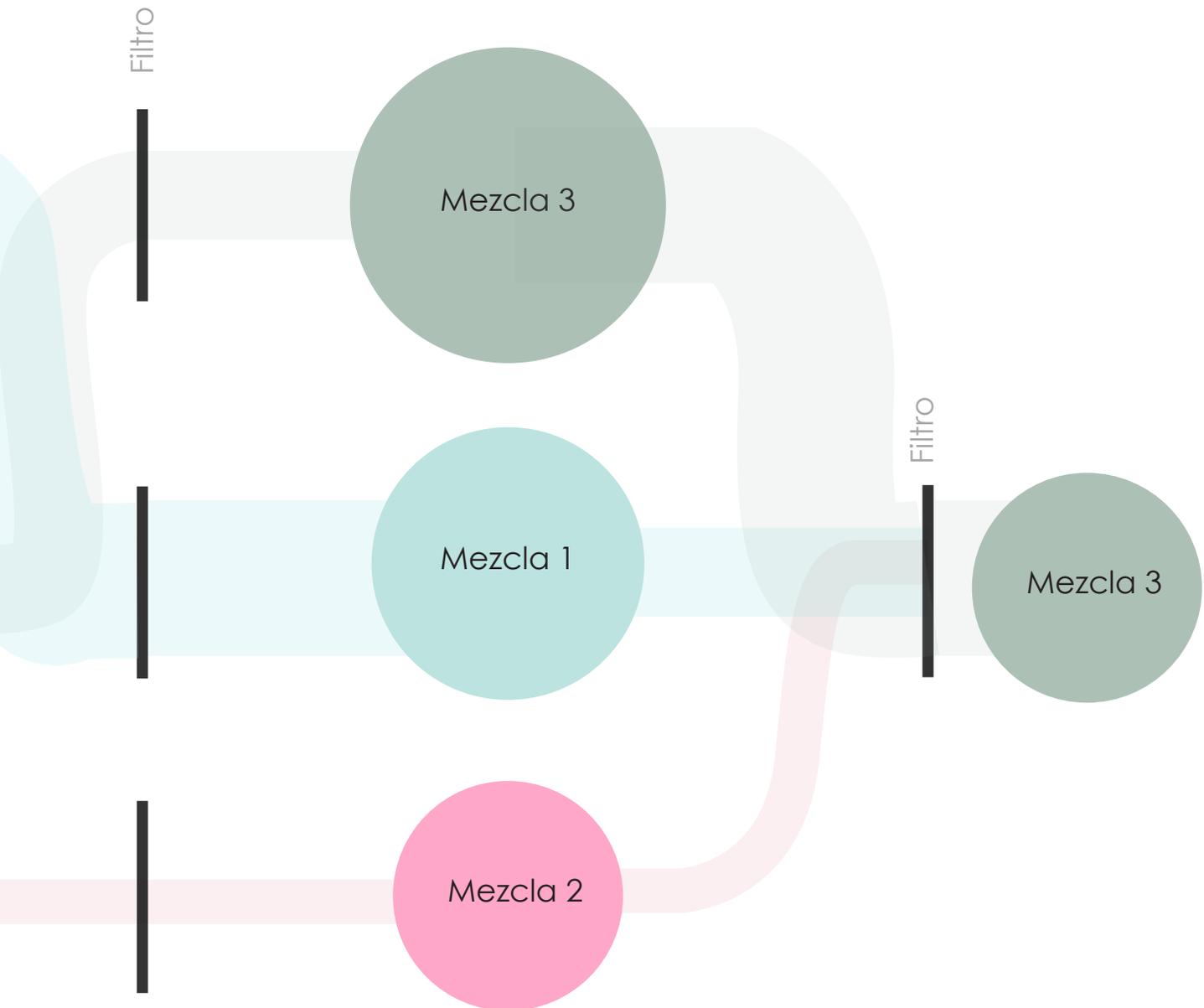


Figura 119: Diagrama de elección de mezcla.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

ELECCIÓN DE MEZCLA

Como se muestra en la figura anterior, la elección de las mezclas se realizó mediante un proceso de selección basado en filtros específicos, tomando en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio. Estos filtros fueron tanto analíticos como críticos, siempre manteniendo en mente la visión global del proyecto y el objetivo final del producto. La elección se centró en garantizar que las propiedades mecánicas y las condiciones de trabajabilidad estuvieran alineadas a lo que se buscaba para el diseño final.

Gráficamente, el tamaño de los círculos representa la magnitud del rendimiento en términos de resistencias a la compresión y a la tracción. En las pruebas de compresión, la mezcla 3 mostró los mejores resultados, mientras que en las pruebas de tensión fue la mezcla 1 la que destacó. Estas diferencias en el comportamiento mecánico resultaron fundamentales para la evaluación del rendimiento general de cada mezcla.

Un aspecto clave para el desarrollo del proyecto fue la gestión del tiempo disponible para completar todo el proceso, así como las limitaciones en cuanto a las herramientas y equipos para la producción de los materiales. Un filtro crucial en este sentido fue el análisis del resultado de trituración para la obtención de los agregados a través de la máquina de desgaste Los Ángeles. Este equipo procesa el material en ciclos, produciendo aproximadamente un 70% de agregado fino y un 30% de piezas de mayor tamaño, con dimensiones que oscilan entre 10 y 15 cm.

El desafío surgió en la generación del agregado grueso deseado, ya que la máquina de Los Ángeles no permitió obtener la granulometría requerida, a pesar de haber realizado múltiples pruebas, reduciendo el tiempo de ciclo y retirando algunas esferas de acero de la máquina. Dado que la obtención del agregado grueso por medios mecánicos no fue exitosa, se habría requerido un proceso manual, lo que resultaba inviable tanto en términos de tiempo como de recursos humanos, ya que una sola persona no hubiera podido cumplir con los objetivos planteados.

Por lo tanto, el último filtro utilizado fue determinante para seleccionar con qué mezcla se trabajaría. Durante el proceso de elaboración, se concluyó además que la mezcla 3 no solo presentó mejores propiedades mecánicas, sino que también mostró una mayor trabajabilidad, lo que la hizo más viable para la producción a gran escala y lograr diferentes diseños.

PRUEBA DE FLEXIÓN

Para el desarrollo de las pruebas de tensión se basó en la norma ASTM C880-06 que describe el método de ensayo para determinar la resistencia a flexión de piedras de dimensiones normalizadas. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería civil.

Se realizaron pruebas sobre piezas de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm y sobre las piezas finales del proyecto que son de 30 cm x 30 cm x 2.5 cm.

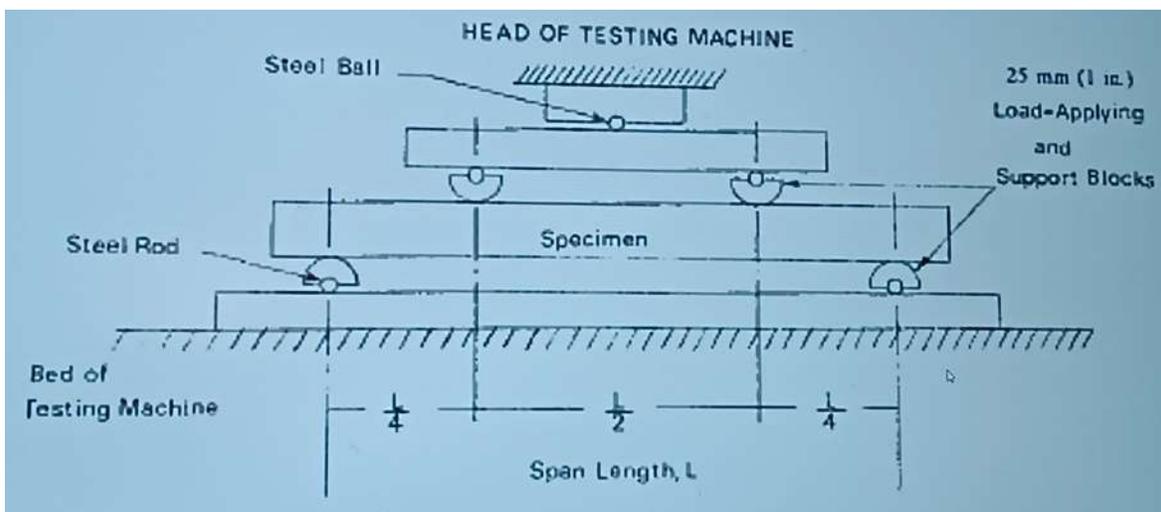


Figura 120: Diagrama explicativo de método para pruebas de flexión.

Como se muestra en la imagen para realizar la prueba se deben colocar varillas de acero en ciertos puntos y al centro para que se pueda ejercer la fuerza sobre la muestra. Primeramente, se mide la distancia de una pulgada en cada extremo de la pieza donde van las varillas de acero. En este caso, se colocó una varilla en el centro de la muestra como se explica en el siguiente gráfico.

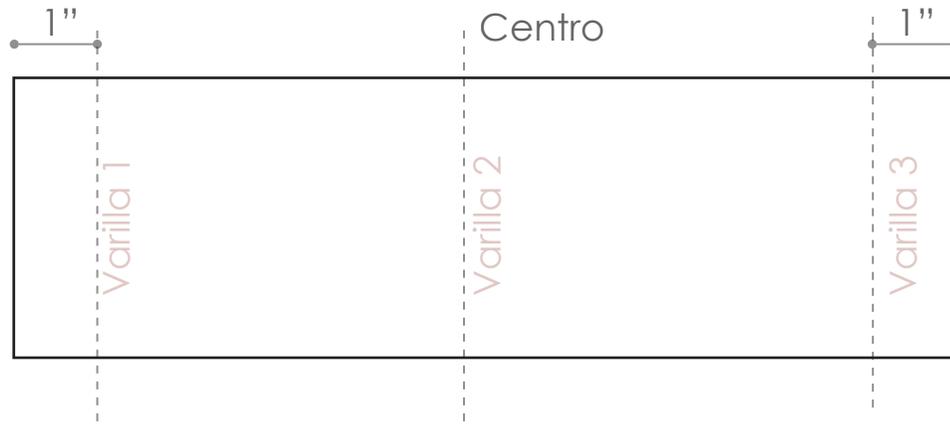


Figura 121: Diagrama de separación de piezas de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Figura 122: Pieza de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

Para calcular la resistencia a la flexión se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{3WL}{4bd^2}$$

Donde:

σ = Cálculo de la resistencia a la flexión, MPA (psi)

W = Carga máxima, N (lbf)

L = Largo de la muestra

b = Ancho de la muestra

d = Profundidad de la muestra

Primeramente, se realizó la prueba en las muestras de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm, las cuales, se obtuvieron de 2 placas de 30 cm x 30 cm x 2.5 cm que se cortaron con máquina. Los resultados fueron los siguientes:

	Largo L	Ancho b	d	W	W	σ
M01	30 cm	8.8 cm	2.5 cm	24.8 kg/ cm ²	54.67 lbf	22.36 MPA
M02	30 cm	10.3 cm	2.5 cm	28.6 kg/ cm ²	63.05 lbf	22.03 MPA
M03	30 cm	10.2 cm	2.5 cm	20.8 kg/ cm ²	45.85 lbf	16.18 MPA

Figura 123: Tabla de resultados de flexión placa 1.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

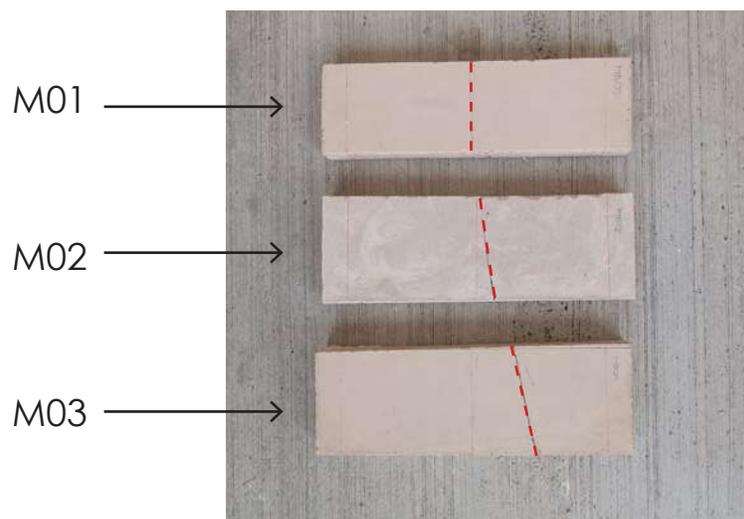


Figura 124: Placa 1.

	Largo L	Ancho b	d	W	W	σ
M04	30 cm	9.5 cm	2.5 cm	59.2 kg/ cm ²	130.51 lbf	49.45 MPA
M05	30 cm	9.7 cm	2.5 cm	41.9 kg/ cm ²	92.37 lbf	34.28 MPA
M06	30 cm	10 cm	2.5 cm	59.8 kg/ cm ²	131.84 lbf	47.46 MPA

Figura 125: Tabla de resultados de flexión placa 2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

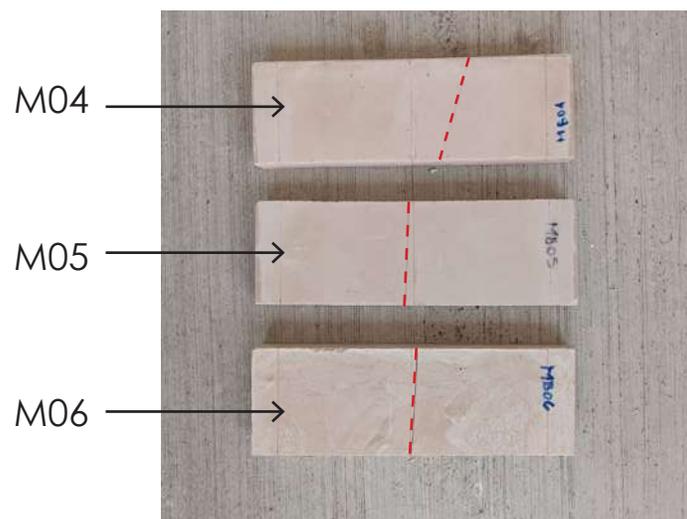


Figura 126: Placa 1.

Posteriormente, se realizó la prueba sobre las piezas de 30 cm x 30 cm x 2.5 cm, estas dimensiones son las que tendrá la baldosa final.

	Largo L	Ancho b	d	W	W	σ
M07	30 cm	30 cm	2.5 cm	60.3 kg/ cm ²	132.94 lbf	15.95 MPA
M08	30 cm	30 cm	2.5 cm	167.1 kg/ cm ²	368.39 lbf	44.20 MPA
M09	30 cm	30 cm	2.5 cm	120.2 kg/ cm ²	265 lbf	31.8 MPA

Figura 127: Tabla de resultados de flexión placas finales.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

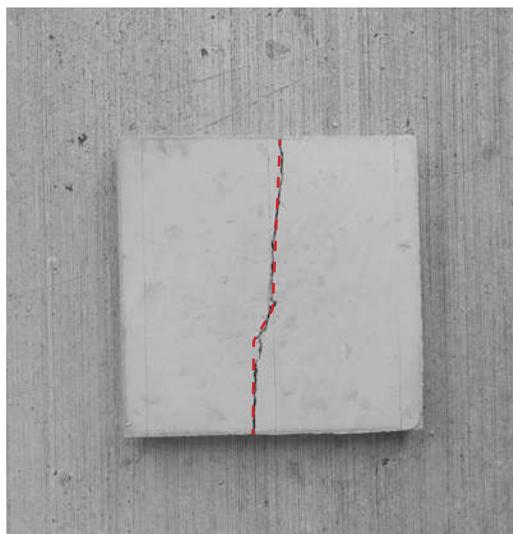


Figura 128: Placa M07.

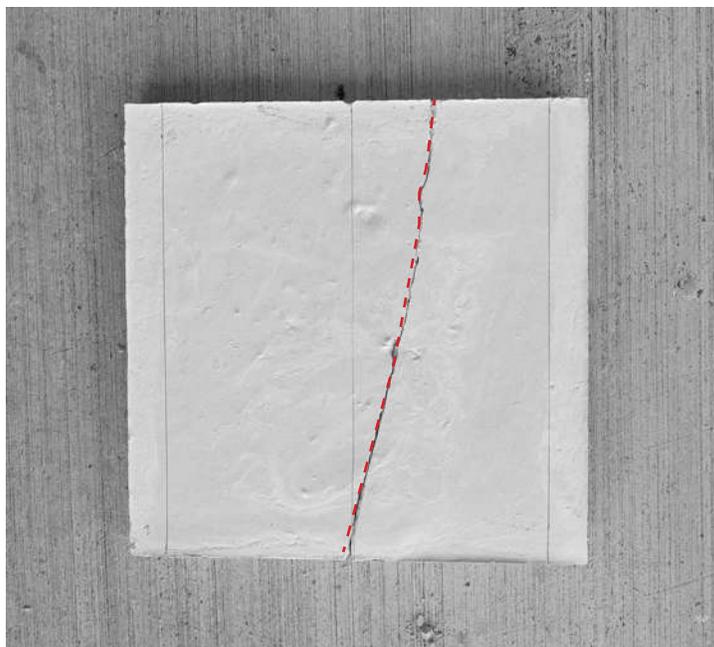


Figura 129: *Placa M08.*

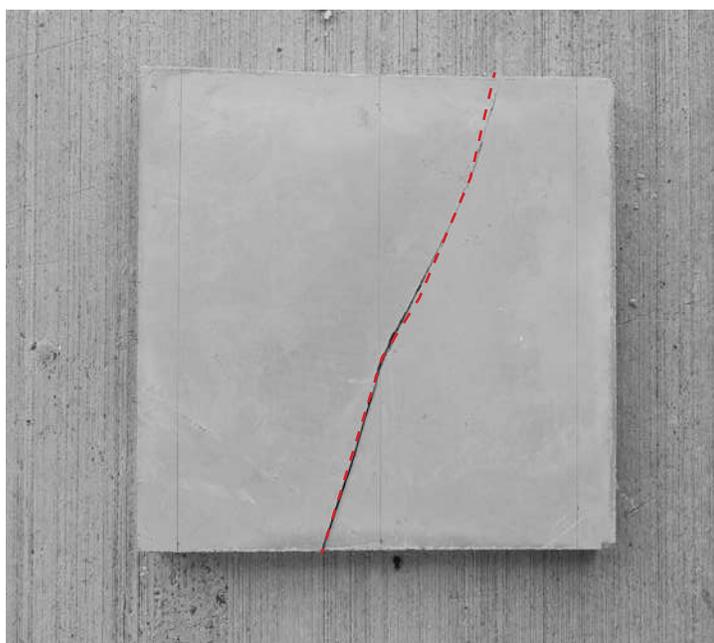


Figura 130: *Placa M09.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La resistencia a la flexión se realizó a una edad de 7 días partiendo de la mezcla 3, la cual, contiene 2 porciones de cemento nuevo, 4 porciones de agregado fino de residuos de construcción y 2.5 porciones de agua. Se optó por realizar la prueba a los 7 días al considerar que como un producto de mercado la etapa de fabricación no se podría extender tantos días.

Al realizar la prueba de flexión en dos medidas de piezas que fueron de 10 cm x 30 cm x 2.5 cm y la medida de la pieza final que fue de 30 cm x 30 cm x 2.5 cm se observó que la pieza final presentó mayor resistencia, comprobando que al tener una pieza más grande presenta mejores resultados.

En ambos casos la fractura de quiebre de las piezas presentaron formas similares, en diagonal y ligeramente en vertical. Lo cual, indica que la forma en que se recibe la carga en las piezas es igual sin importar su medida.

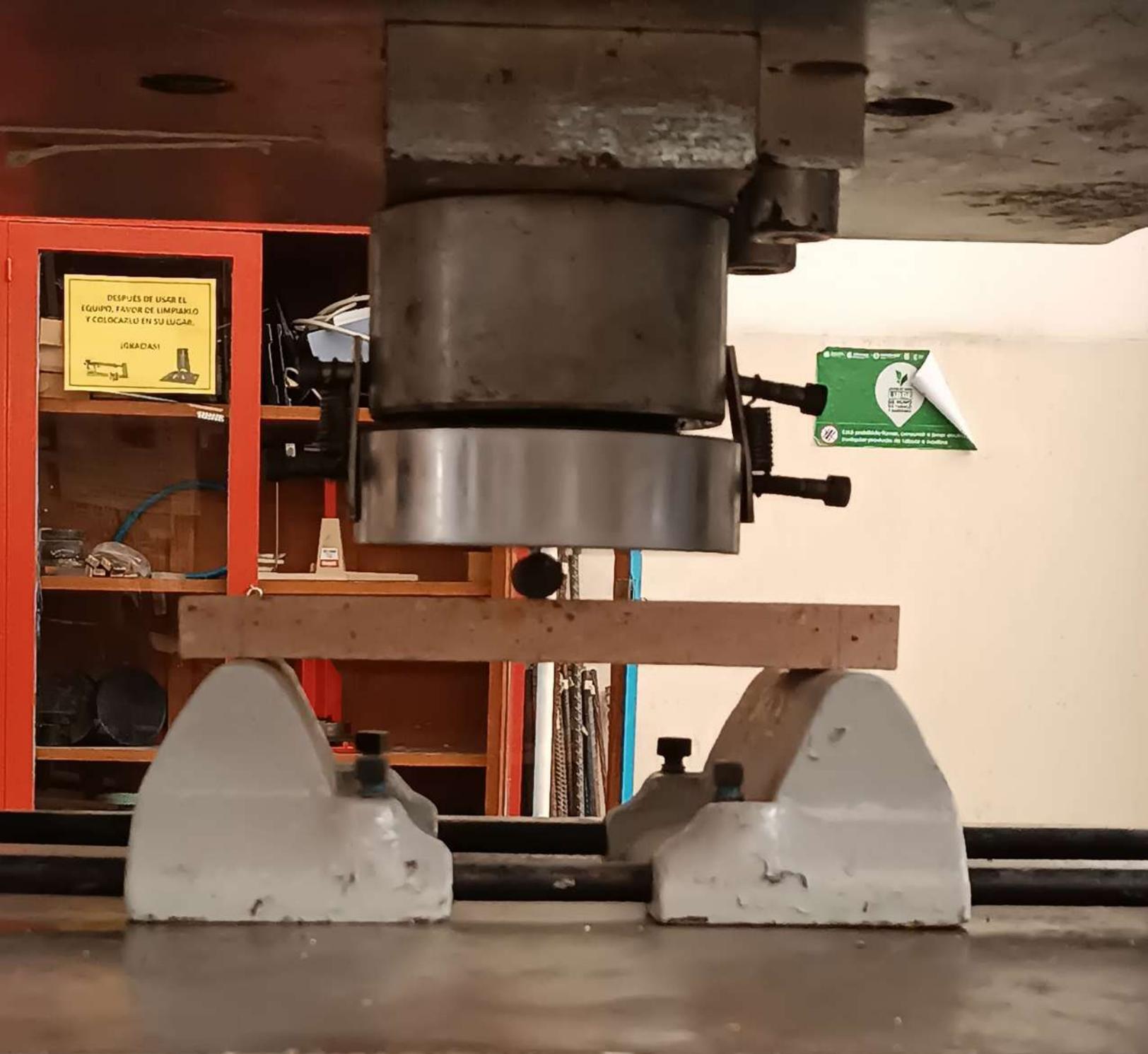


Figura 131: Pruebas de flexión.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

RESUMEN COMPARATIVO

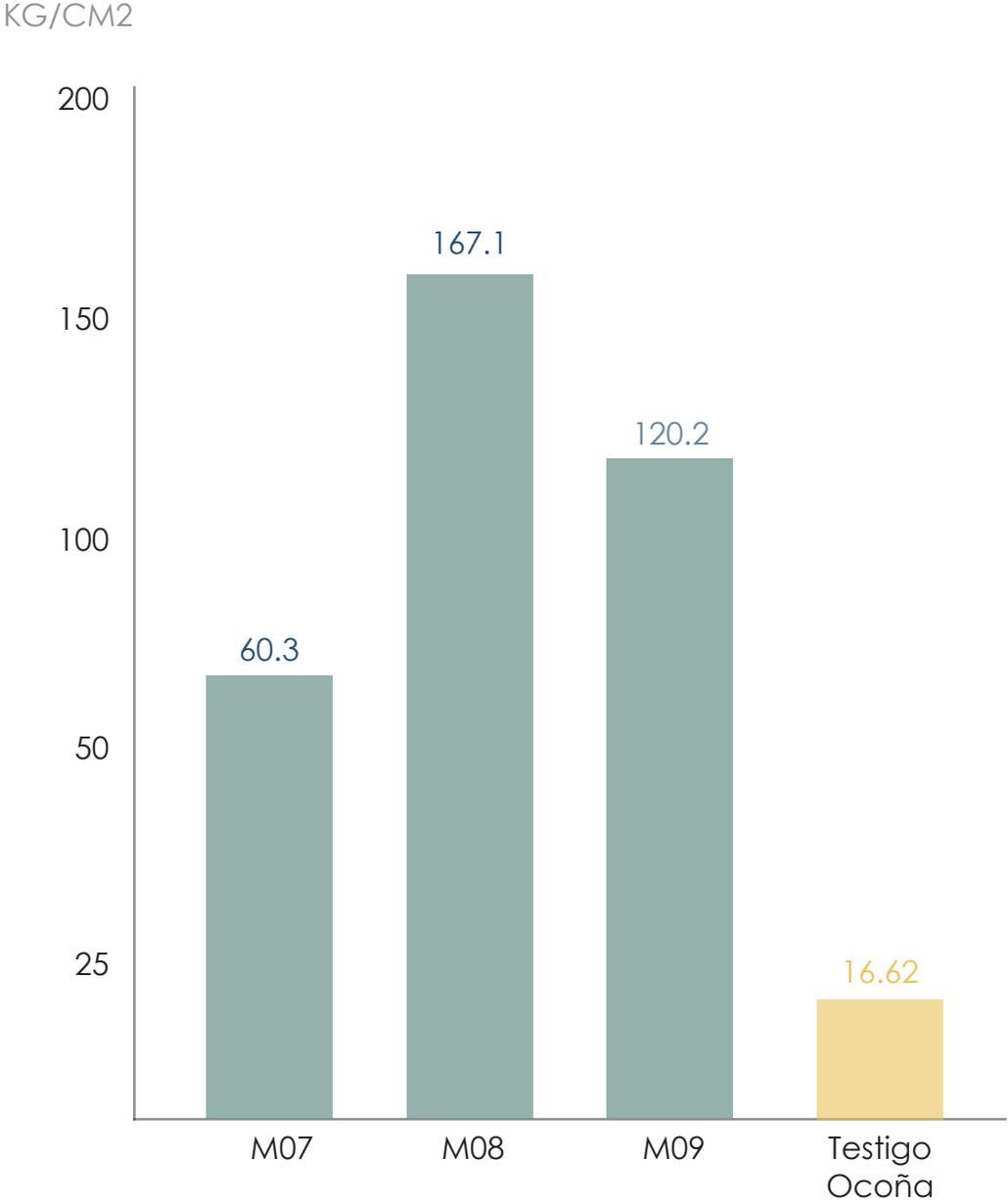


Figura 132: Resumen comparativo flexión.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura se observa el comportamiento mecánico de las muestras M07, M08 y M09, las cuales representan piezas finales de dimensiones 30 cm x 30 cm x 2.5 cm. Estas muestras alcanzaron resistencias significativas, con un valor máximo de 167.1 kg/cm² y un mínimo de 60.3 kg/cm². Este rango de resistencia refleja una variabilidad en la capacidad de carga de las muestras, posiblemente influenciada por factores como la calidad del material, la uniformidad del proceso de fabricación o las condiciones de curado.

Al comparar estos resultados con el testigo del estudio de referencia de Ocoña, cuya resistencia fue de 16.62 kg/cm²; la resistencia mínima obtenida en este estudio (60.3 kg/cm²) es aproximadamente 3.6 veces mayor que la del testigo, mientras que la resistencia máxima supera en más de 10 veces la del testigo de Ocoña.

Esta notable diferencia sugiere que los materiales o el proceso utilizado para la elaboración de las muestras M07, M08 y M09 han logrado optimizar significativamente la resistencia mecánica. Factores como la selección de agregados, la proporción de mezcla o las condiciones de compactación y curado pueden haber influido en el incremento de la resistencia en comparación con el testigo de referencia. Además, es posible que el testigo de Ocoña se haya realizado bajo condiciones menos favorables, lo que justifica el menor valor obtenido.

PRUEBA DE GRANULOMETRÍA

La mezcla que resultó más óptima es la 03, la cual sólo contiene agregado fino , por lo que se generó una prueba de granulometría en dos agregados representativos: el tabique y una piedra que fue el recinto.

Esta prueba se realizó bajo la norma NMX-C-077-ONNCCE-2019: Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo. La prueba consistió en utilizar diferentes mallas que con una máquina se genera el tamizado, las mallas utilizadas fueron 16, 20, 30, 40, 50, 100 y 200.

Para esta prueba es importante considerar que durante el proceso no debe perderse más del 5% de la muestra inicial según la norma para que la prueba tenga validez.

El procedimiento consistió en los siguientes pasos:

1. Se consideró una muestra del agregado entre los 200 gramos y 300 gramos.
2. Se utilizó un horno para garantizar el secado del agregado, el cual estuvo en el horno por 24 horas a 150°.
3. Se pesó con exactitud la muestra.
4. Se colocó en la torre de tamices.
5. Se utilizó la máquina por 5 minutos.
6. Por cada malla se peso la parte del agregado que quedaba en ella.
7. Se calculó el porcentaje de agregado por cada malla.

	Peso inicial	Peso final
TABIQUE	211.1 gramos	207.7 gramos
RECINTO	213.3 gramos	211.5 gramos

Figura 133: *Tabla de pesos antes y después de prueba.*
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

#16
2.5 gramos
1.18%



#20
8.3 gramos
3.93%



#50
28.6 gramos
13.55%



#100
31 gramos
14.68%



#30
26.7 gramos
12.65%



#40
2.8 gramos
1.33%



#200
27.6 gramos
13.07%



Base
80.2 gramos
37.99%



Figura 134: Peso y porcentajes de granulometría en tabique.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

#16
20 gramos
9.38%



#20
10.5 gramos
4.92%



#50
23.7 gramos
11.11%



#100
27.3 gramos
12.8%



#30
27.6 gramos
12.94%



#40
2.2 gramos
1.03%



#200
24.3 gramos
111.39%



Base
75.4 gramos
35.33%



Figura 135: *Peso y porcentajes de granulometría en recinto.*
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PRUEBA DE ABSORCIÓN

Esta prueba se realizó para considerar el porcentaje de agua que absorbe el espécimen según la norma NMX-C-504-ONNCCE-2015 industria de la construcción: determinación de la absorción capilar en concreto.

Para esta prueba se realizaron 3 especímenes, los cuales son cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm y se sometieron al siguiente procedimiento:

1. Se midieron a detalle los especímenes.
2. Se pesaron.
3. Se colocaron en el horno por 24 horas a 150°.
4. Se pesaron nuevamente.
5. Se colocaron por otra hora en el horno.
6. Se pesaron nuevamente y se colocaron al horno por otra hora.
7. Se repitió el paso 6.
8. Una vez secos los especímenes se sumergieron en agua por cierto tiempo y se estuvieron pesando para observar la variación de pesos.
9. Se calculó la absorción.

	Medidas	Peso inicial	24 hr	25 hr	26 hr	27 hr
E1	50.67 x 52.2 x 51.81 cm	231 gr	195 gr	195 gr	194 gr	194 gr
E2	50.8 x 49.32 x 53.8 cm	228 gr	191 gr	190 gr	190 gr	190 gr
E3	52.2 x 51.6 x 50.65 cm	225 gr	187 gr	186 gr	186 gr	186 gr

Figura 136: Tabla de pesos de especímenes por horario utilizando horno.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

	Medidas	1 hr	2 hr	3 hr	6 hr	12 hr	24hr
E1	50.67 x 52.2 x 51.81 cm	234 gr	245 gr				
E2	50.8 x 49.32 x 53.8 cm	230 gr	240 gr				
E3	52.2 x 51.6 x 50.65 cm	228 gr	240 gr				

Figura 137: *Tabla de pesos de especimenes por horario sumergidos en agua.*
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Para calcular la capacidad de absorción de los especímenes se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = \frac{P \text{ saturado} - P \text{ seco}}{P \text{ seco}} \times 100$$

$$E1 \quad C = \frac{245 \text{ gr} - 194 \text{ gr}}{194 \text{ gr}} \times 100 = 26.28$$

$$E2 \quad C = \frac{240 \text{ gr} - 190 \text{ gr}}{190 \text{ gr}} \times 100 = 26.31$$

$$E3 \quad C = \frac{240 \text{ gr} - 186 \text{ gr}}{186 \text{ gr}} \times 100 = 29.03$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La normativa define la absorción como el incremento en la masa de un agregado seco, cuando es sumergido en agua. El agua se introduce por medio de los poros del material alterando el peso del mismo, por esta razón, la absorción se mide en porcentaje en referencia a la masa seca.

Para el cálculo se consideró el peso seco y el peso saturado después de 24 horas. Los especímenes presentaron un porcentaje de absorción de:

- Espécimen 1 = 26.28 %
- Espécimen 2 = 26.31 %
- Espécimen 3 = 29.03 %

Se observó que los 3 especímenes alcanzaron y mantuvieron su peso saturado a partir de las 2 horas, lo que indica que la absorción que presenta el material se da de forma inmediata y posteriormente se presenta constante.

RESUMEN COMPARATIVO

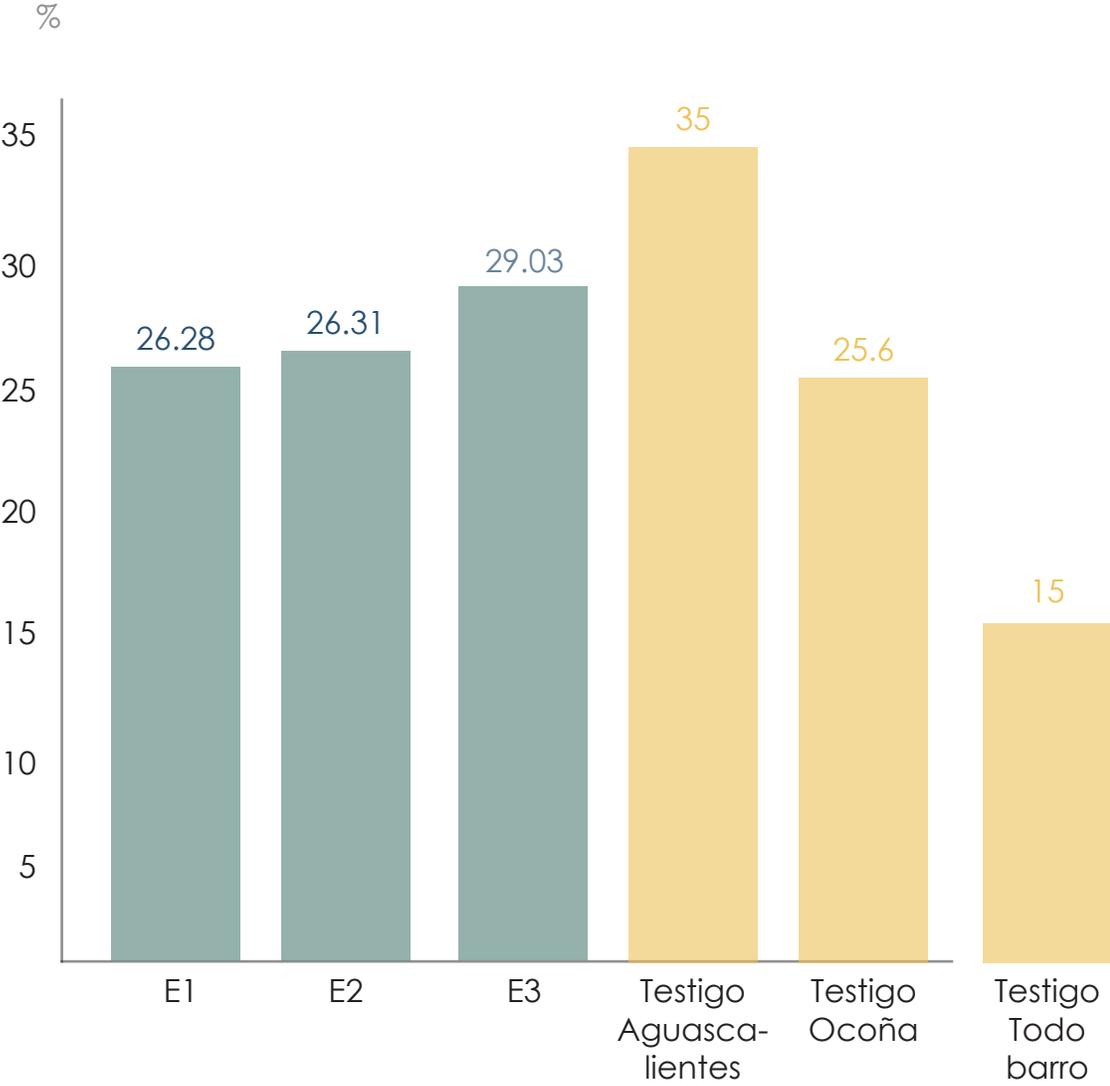


Figura 138: Resumen comparativo absorción.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los especímenes E1, E2 y E3 no rebasaron el 30% de capacidad de absorción a comparación del testigo del estudio de Aguascalientes, por otro lado, los testigos de Ocoña y Todobarro presentan una capacidad de absorción por debajo del 30%. Lo que sugiere que estos materiales tienen una menor porosidad o una mejor resistencia a la penetración de agua en comparación con los especímenes E1, E2 y E3. Este comportamiento podría estar vinculado a las características específicas de las materias primas o los procesos de fabricación de los materiales en estas localidades.

En general, los resultados reflejan variaciones en la capacidad de absorción entre los especímenes y los testigos, lo que puede ser un indicativo de la calidad y las propiedades del material, siendo importante para futuras aplicaciones en el campo de la construcción, especialmente en climas o condiciones donde la absorción de agua sea un factor crítico.

En conclusión, el material obtenido es apto para el uso en interiores y para uso en exteriores será necesario colocar un sellador para posteriormente realizar nuevas pruebas de absorción y verificar su viabilidad en exteriores.

EXPERIMENTACIÓN
TERCERA
FASE
DISEÑO DE COLOR Y TEXTURA



Figura 139: Muestras finales.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

COLOR Y TEXTURA

Como ya se mencionó anteriormente, se recolectaron diversas piedras, las cuales se aprovecharon para generar distintas variedades de color y textura en el material final. Este proceso no solo implicó la simple adición de piedras, sino que se trató de un enfoque meticuloso y cuidadoso para lograr la integración perfecta de estos elementos en la mezcla. Para empezar, se sustituyó una parte del residuo de tabique y/o concreto por residuo de piedra. Esta sustitución permitió generar acabados en el producto final de características estéticas únicas y variadas.

Para este proceso, las piedras recolectadas fueron clasificadas por color. Posteriormente, se utilizó la máquina de desgaste los ángeles para su trituración y para generar la pedacería se realizó de forma manual. Una vez preparadas, se incorporaron en las diferentes mezclas prestando atención a las proporciones.

Durante el proceso se desarrollaron diferentes técnicas para generar la variedad de acabados deseados. Estas técnicas incluyeron variaciones en la proporción de piedras en la mezcla, el uso de diferentes métodos de aplicación, y tratamientos superficiales.

Para ilustrar de manera clara y detallada los resultados obtenidos, se ha decidido explicar gráficamente los pasos realizados durante este proceso. Las imágenes que se presentan a continuación muestran de manera secuencial y visual cada etapa del procedimiento. Estas imágenes no solo permiten apreciar la diversidad de tonalidades y texturas logradas, sino que también sirven como una guía práctica para la replicación de este proceso.

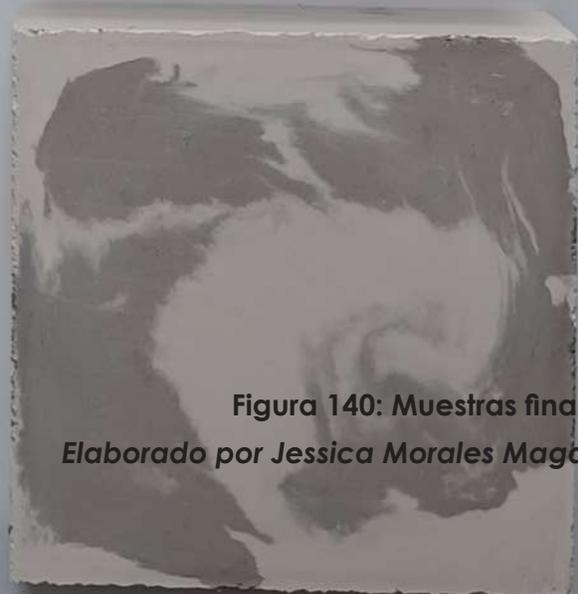
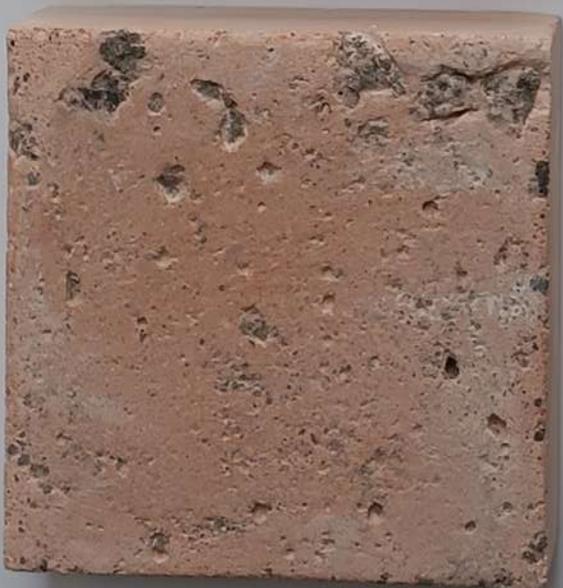
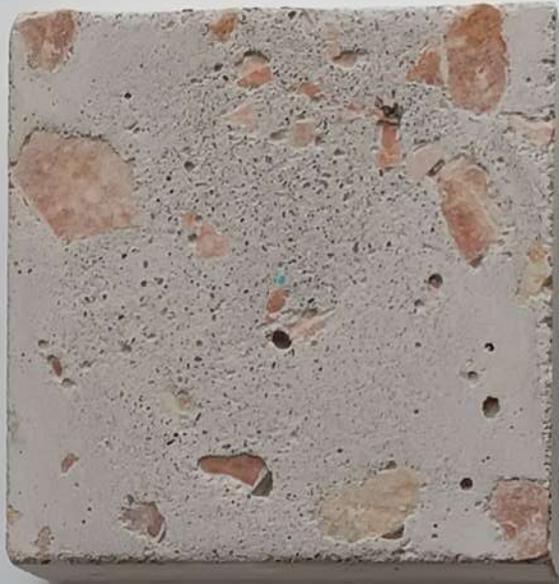


Figura 140: Muestras finales.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

Figura 141: Exploración 1.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 1

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

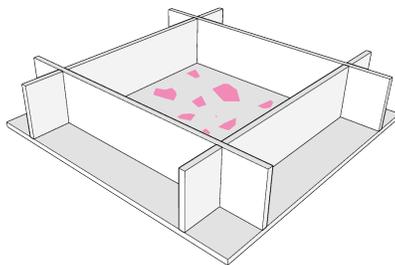
Peso: 420 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

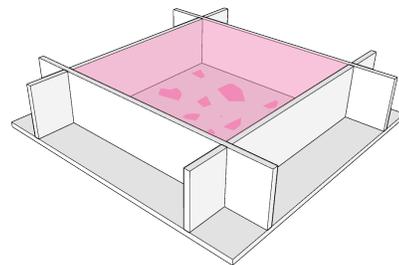
- 2 porciones de cemento gris
- 4 porciones de residuo de concreto agregado fino
- 2.5 porciones de agua
- Pedacería de piedra

1



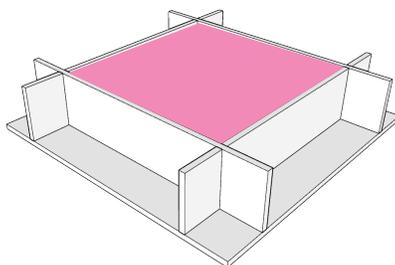
Colocación de pedacería de piedra en el molde

2



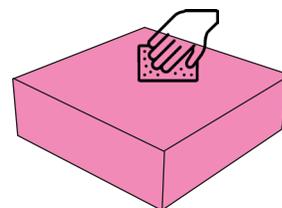
Vaciado de mezcla

3



Al secarse se desmolda

4



Lijado de la pieza

Figura 142: Exploración 2.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 2

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

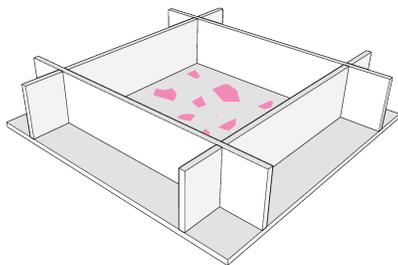
Peso: 420 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

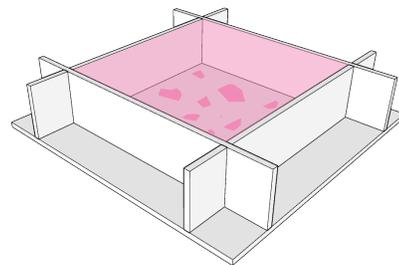
- 2 porciones de cemento blanco
- 4 porciones de residuo de tabique agregado fino
- 2.5 porciones de agua
- Pedacería de recinto

1



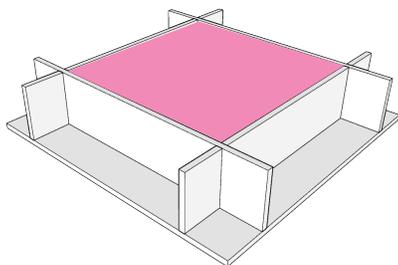
Colocación de pedacería de recinto en el molde

2



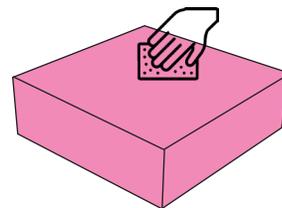
Vaciado de mezcla

3



Al secarse se desmolda

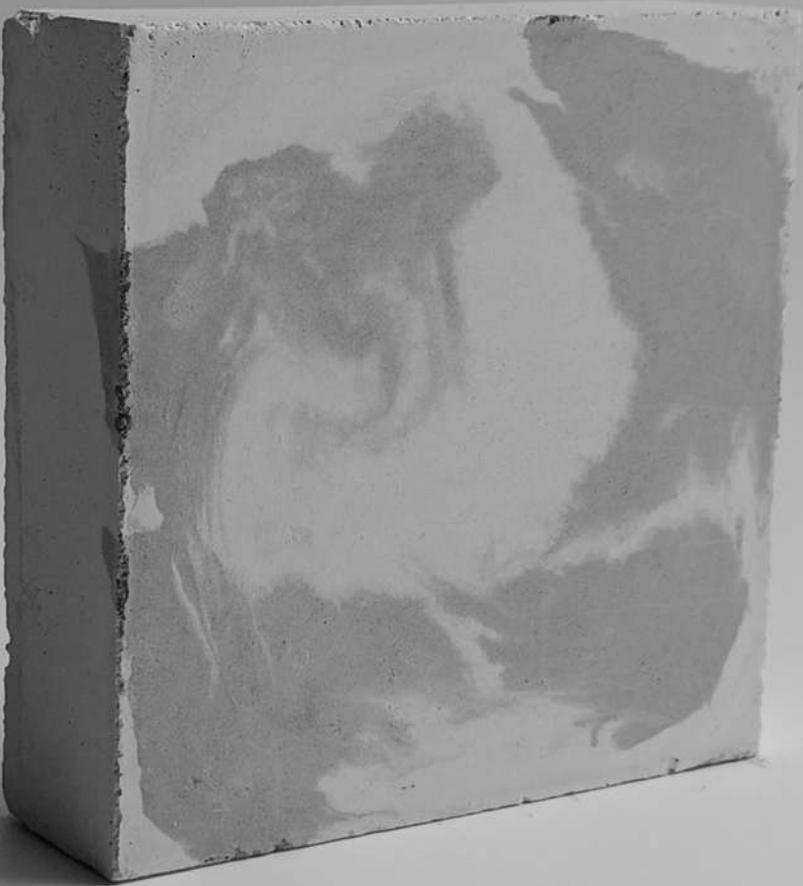
4



Lijado de la pieza

Figura 143: Exploración 3.

Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 3

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

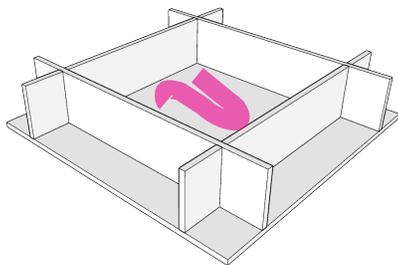
Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

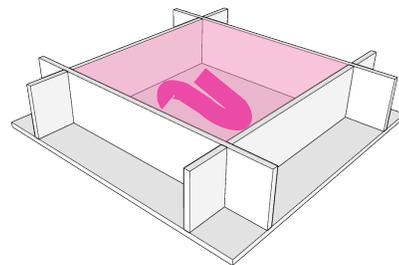
- 2 porciones de cemento blanco
- 3 porciones de residuo de piedra agregado fino
- 1 porción de residuo de recinto agregado fino
- 2.5 porciones de agua

1



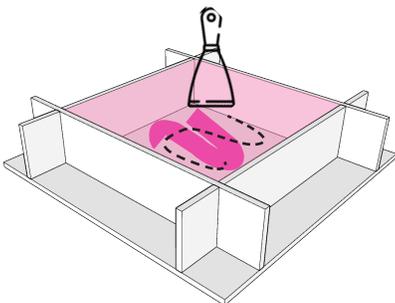
Colocación de mezcla con residuo de recinto

2



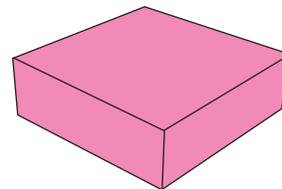
Vaciado de mezcla sin recinto

3



Se inserta y desliza la espátula para generar el patrón

4



Se deja secar y se desmolda

Figura 144: Exploración 4.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 4

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

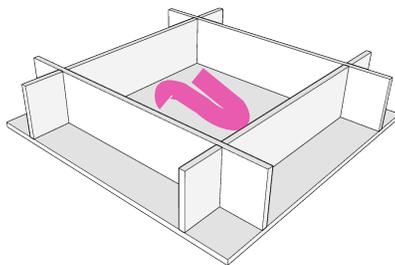
Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

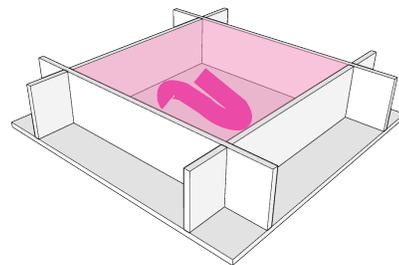
- 2 porciones de cemento blanco
- 3 porciones de residuo de piedra agregado fino
- 1 porción de residuo de tabique agregado fino
- 2.5 porciones de agua

1



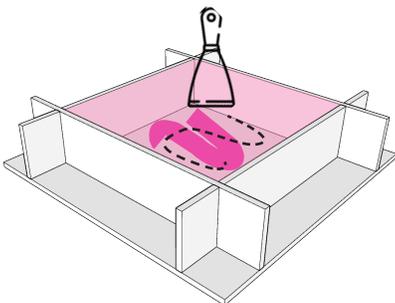
Colocación de mezcla con residuo de recinto

2



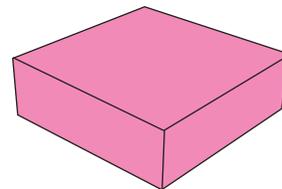
Vaciado de mezcla sin tabique

3



Se inserta y desliza la espátula para generar el patrón

4



Se deja secar y se desmolda

Figura 145: Exploración 5.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 5

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

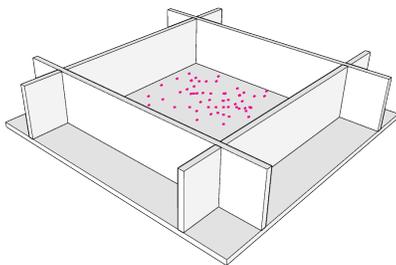
Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

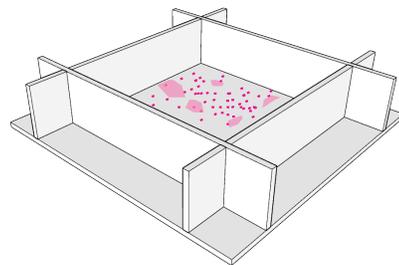
- 2 porciones de cemento blanco
- 3 porciones de residuo de piedra agregado fino
- 1 porción de residuo de tabique agregado fino
- 2.5 porciones de agua

1



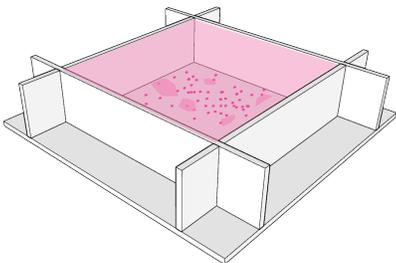
Se espolvorea tabique agregado fino

2



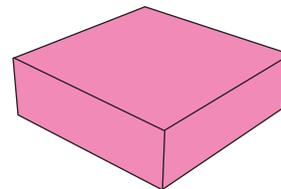
Se colocan partes de mezcla con tabique

3



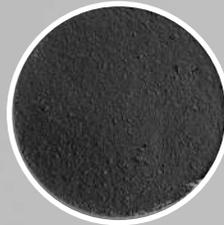
Vaciado de mezcla sin tabique

4



Se deja secar y se desmolda

Figura 146: Exploración 6.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 6

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

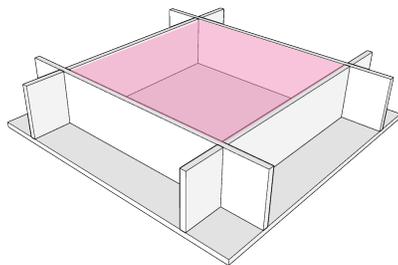
Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

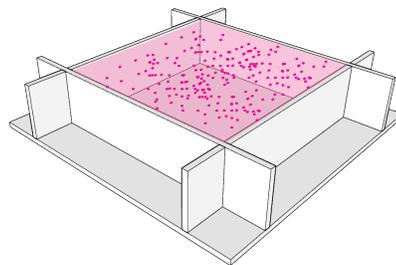
- 2 porciones de cemento blanco
- 3 porciones de residuo de piedra agregado fino
- 1 pizca de residuo de recinto agregado fino
- 2.5 porciones de agua

1



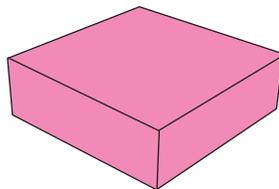
Vaciado de mezcla

2



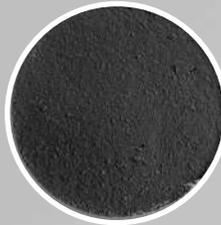
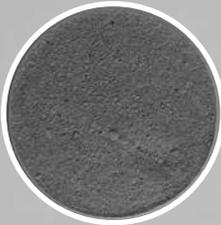
Se espolvorea recinto agregado fino

3



Se deja secar y se desmolda

Figura 147: Exploración 7.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



EXPLORACIÓN 7

Aglutinante: cemento gris

Medidas: 10 cm x 10 cm x 3 cm

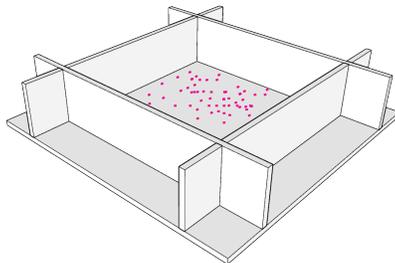
Peso: 400 gramos

Porcentaje de residuo: 47.05%

Componentes:

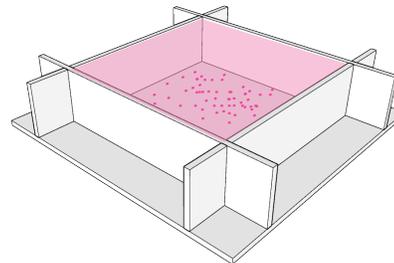
- 2 porciones de cemento gris
- 2 porciones de residuo de recinto agregado fino
- 2 porciones de residuo de concreto agregado fino
- 1 pizca de residuo de recinto agregado fino
- 2.5 porciones de agua

1



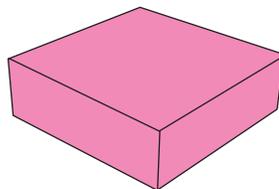
Se espolvorea recinto agregado fino

2



Vaciado de mezcla

3



Se deja secar y se desmolda



Figura 148: Realización de mezcla.



Figura 149: Realización de mezcla.

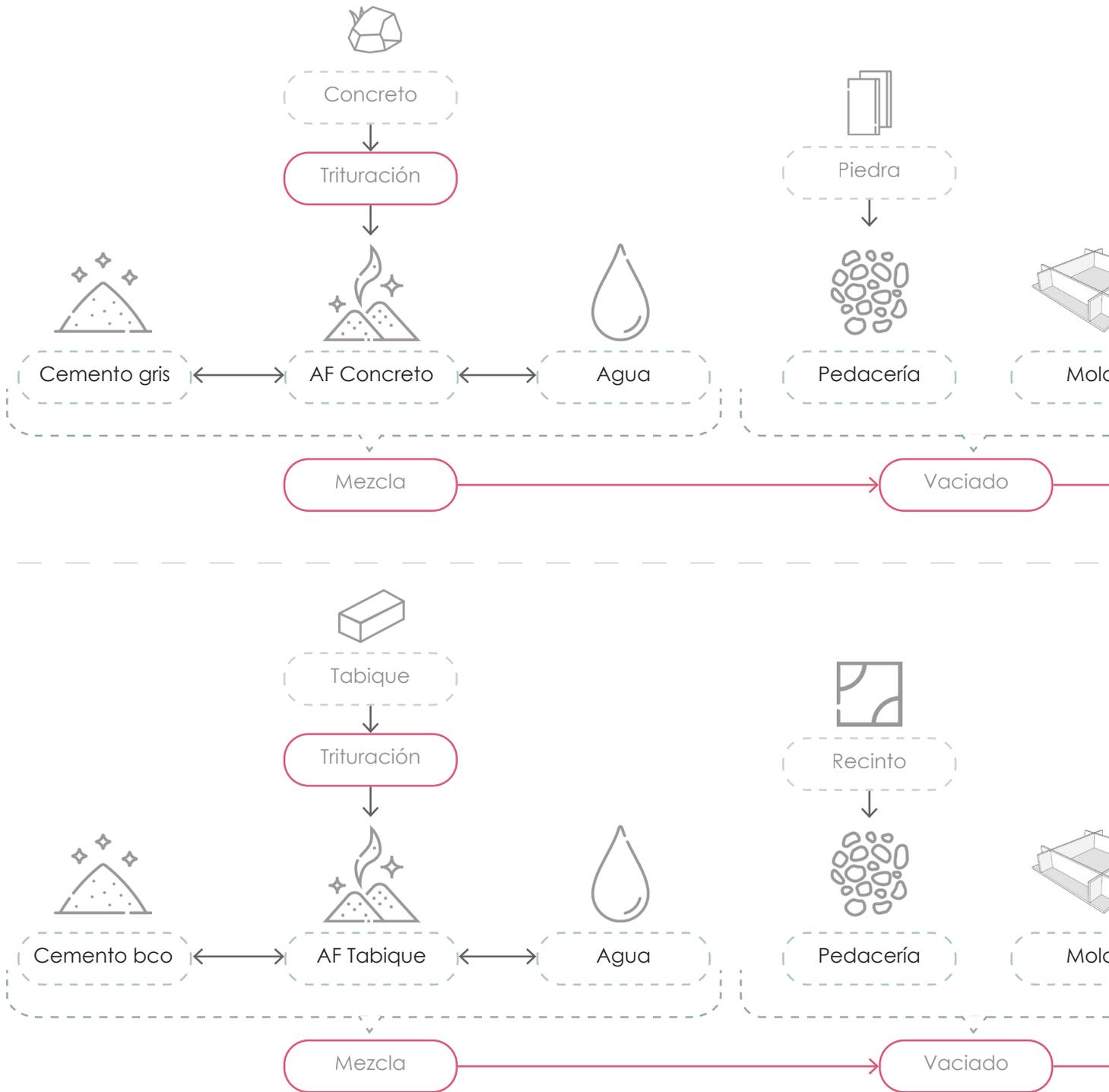


Figura 150: Armado de molde.



Figura 151: Vaciado de mezcla.

CATÁLOGO Y DIA



GRAMA DE FLUJO

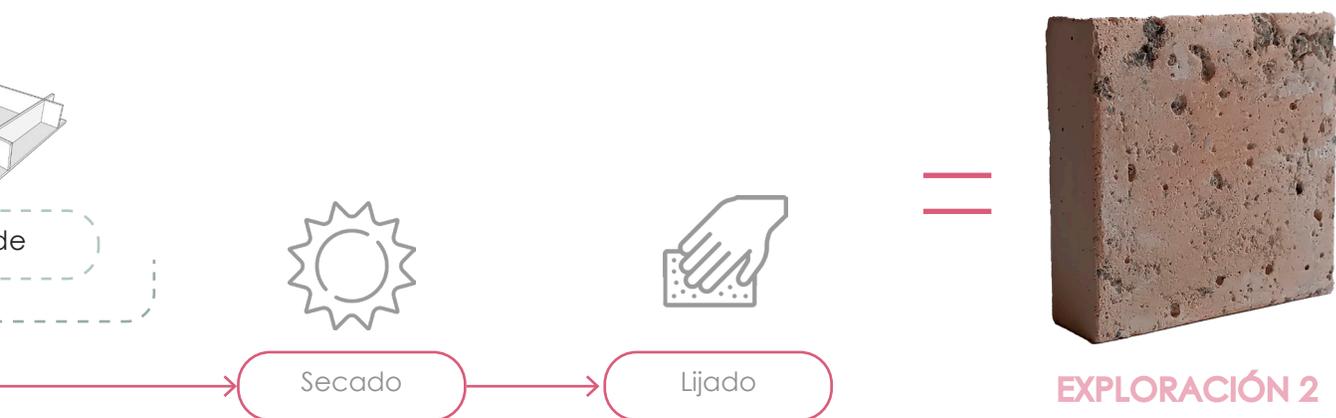
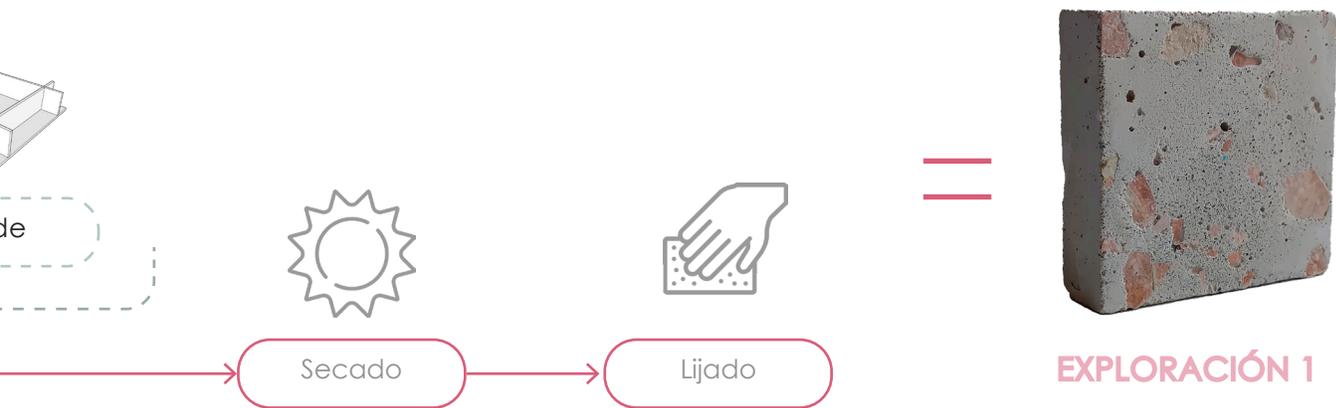
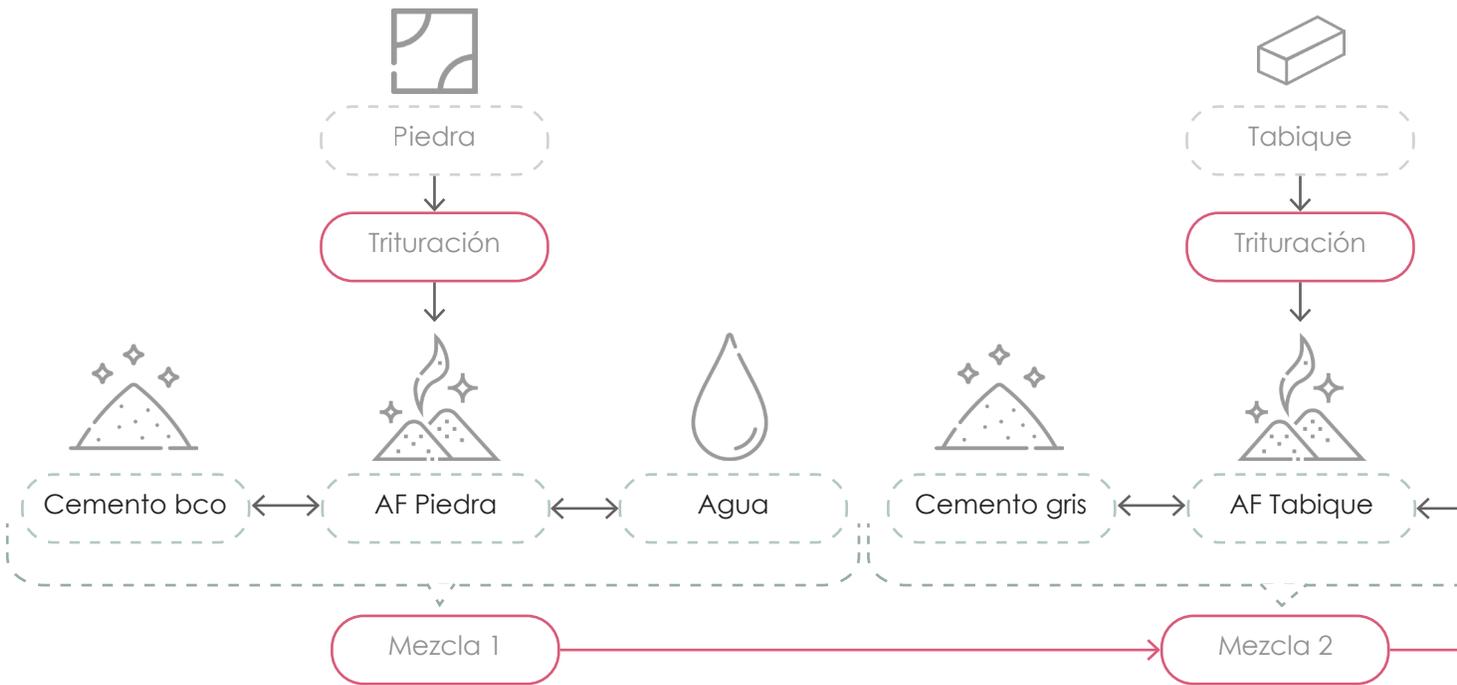
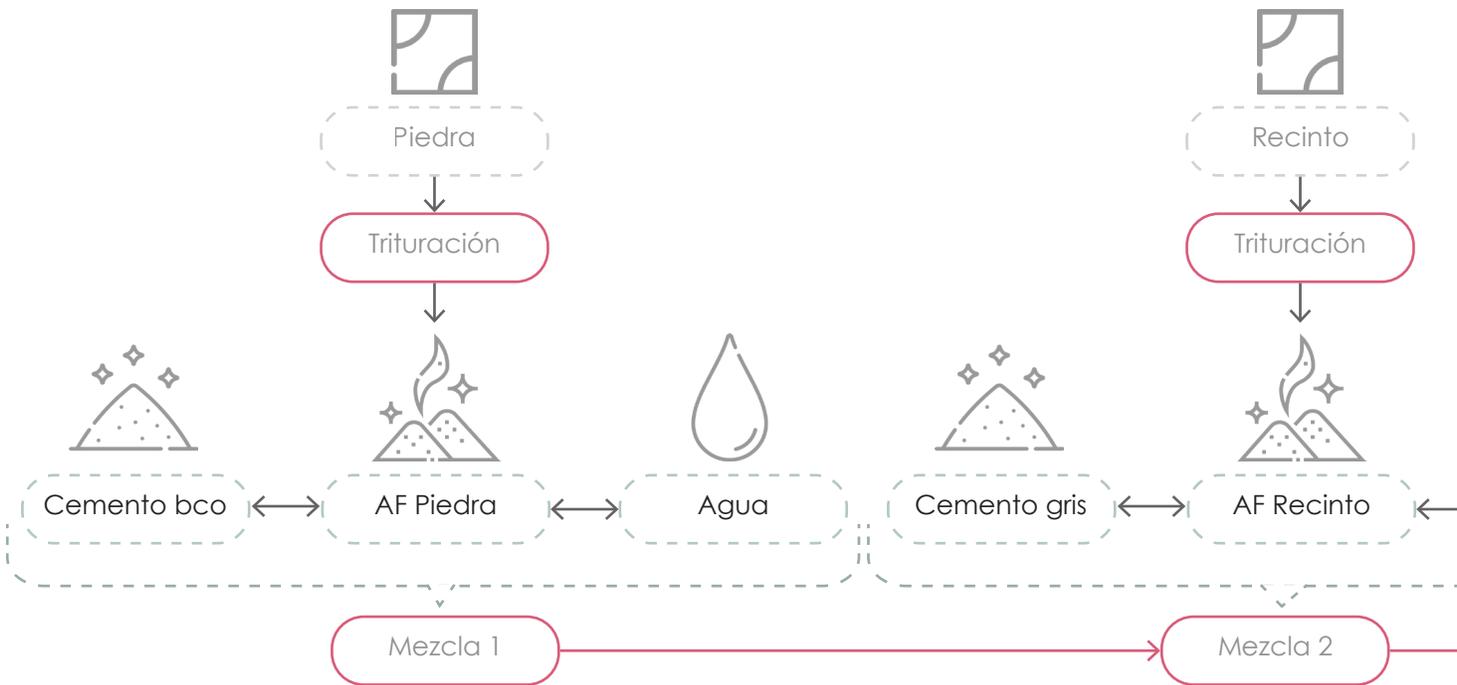


Figura 152: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 1. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CATÁLOGO Y DIA



GRAMA DE FLUJO

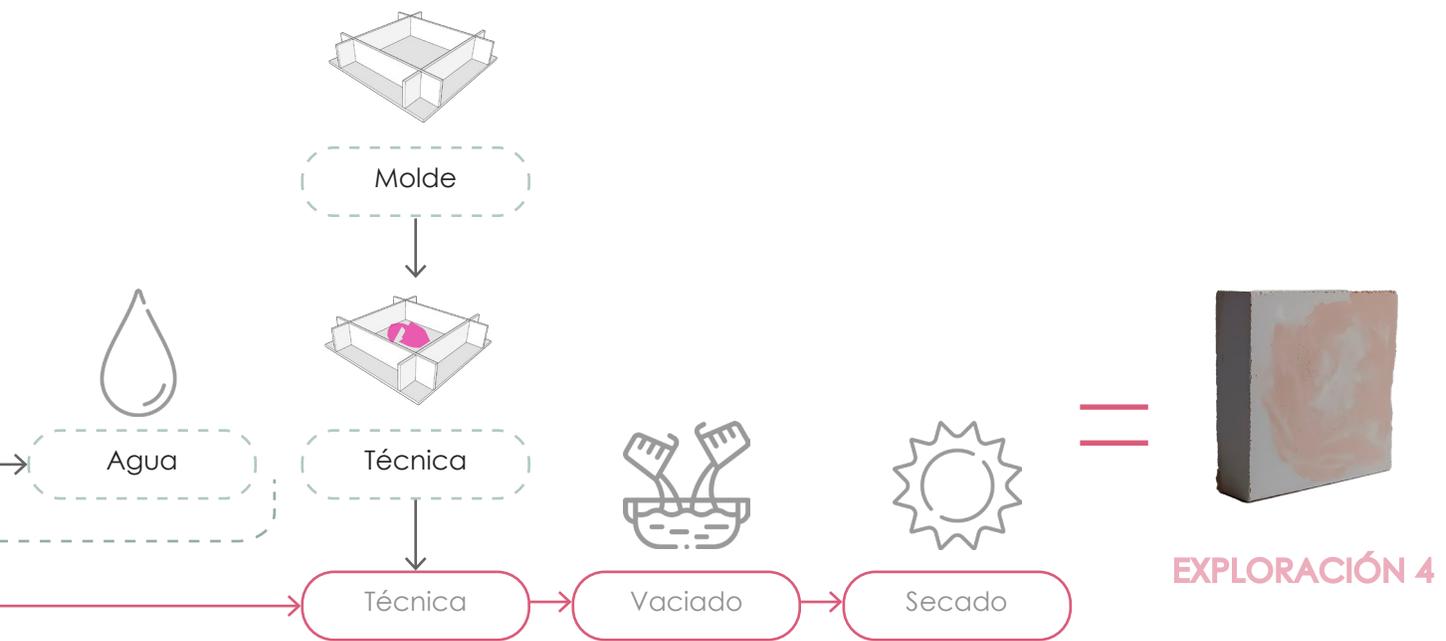
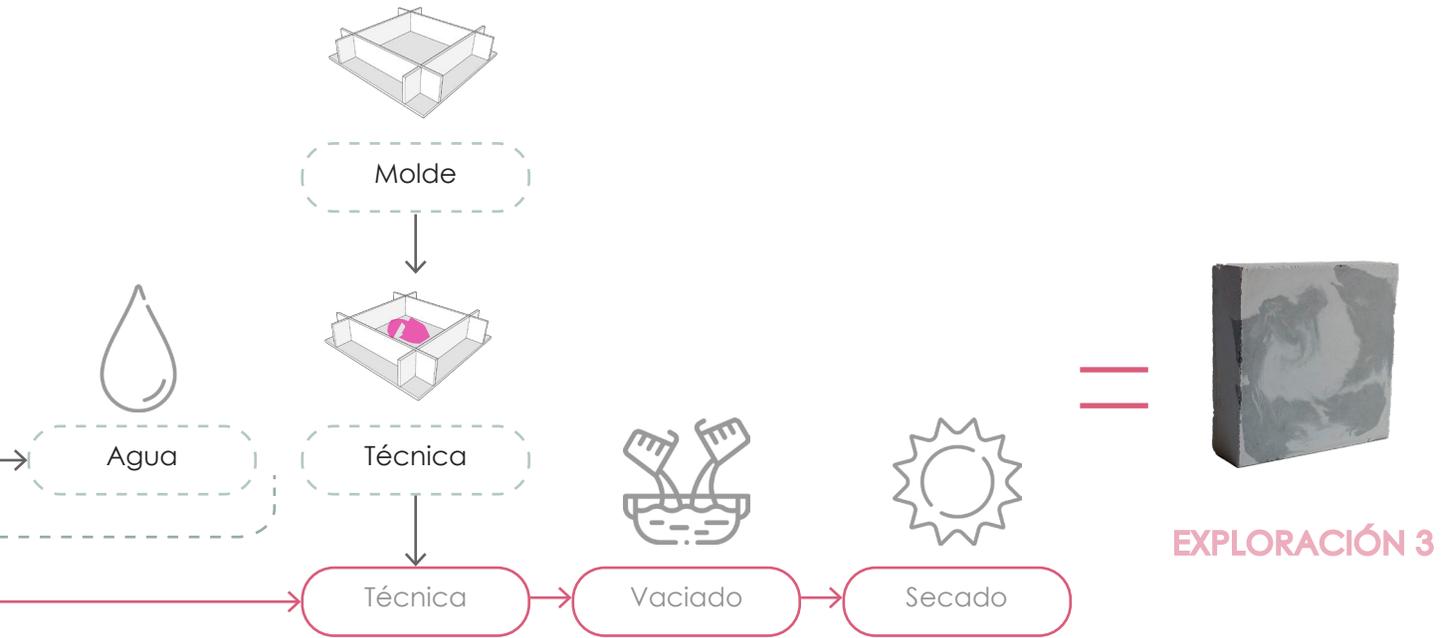
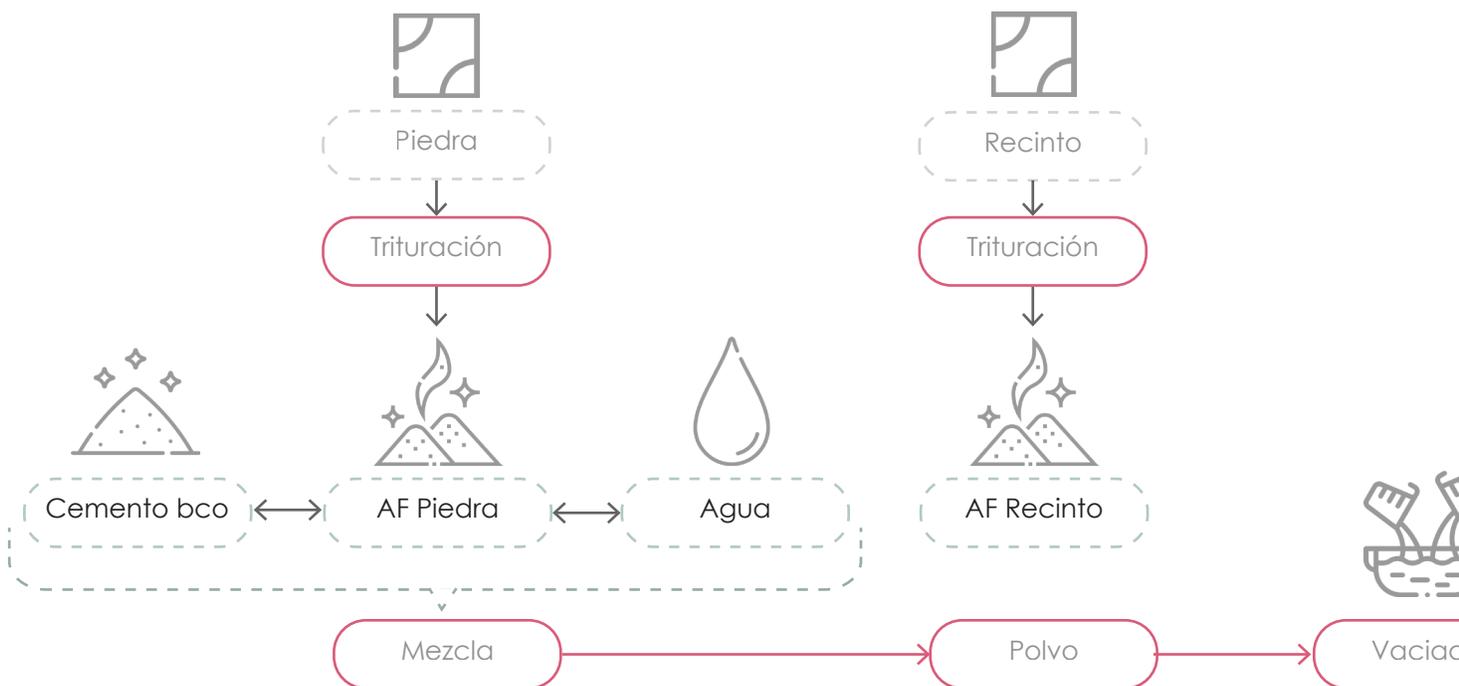
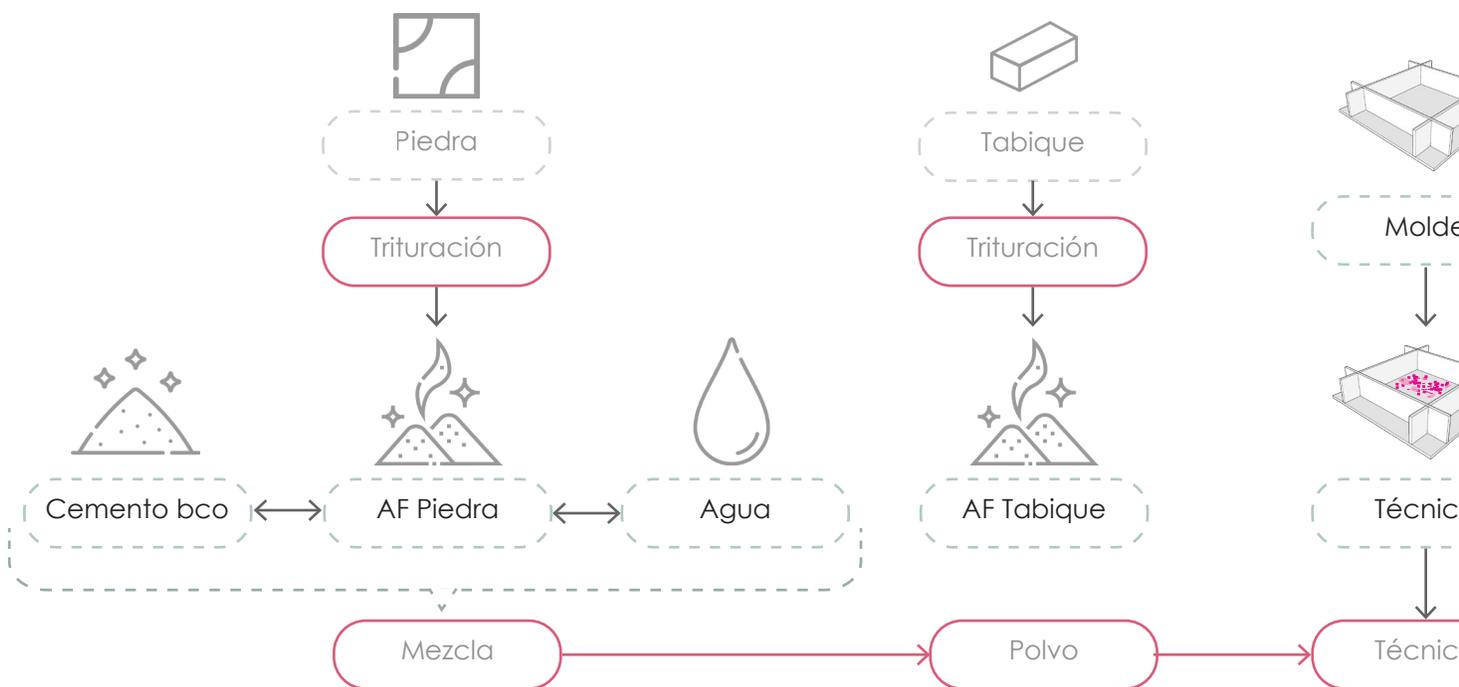


Figura 153: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 2. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CATÁLOGO Y DIA

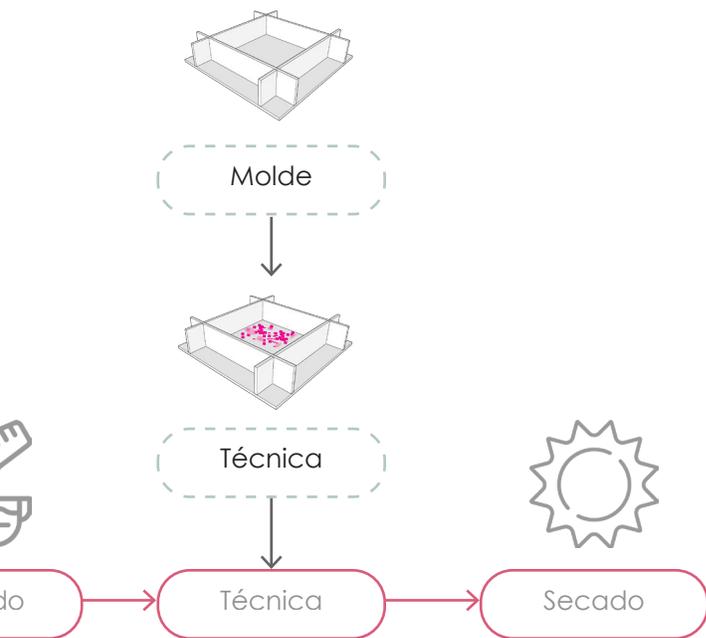


Figura

GRAMA DE FLUJO



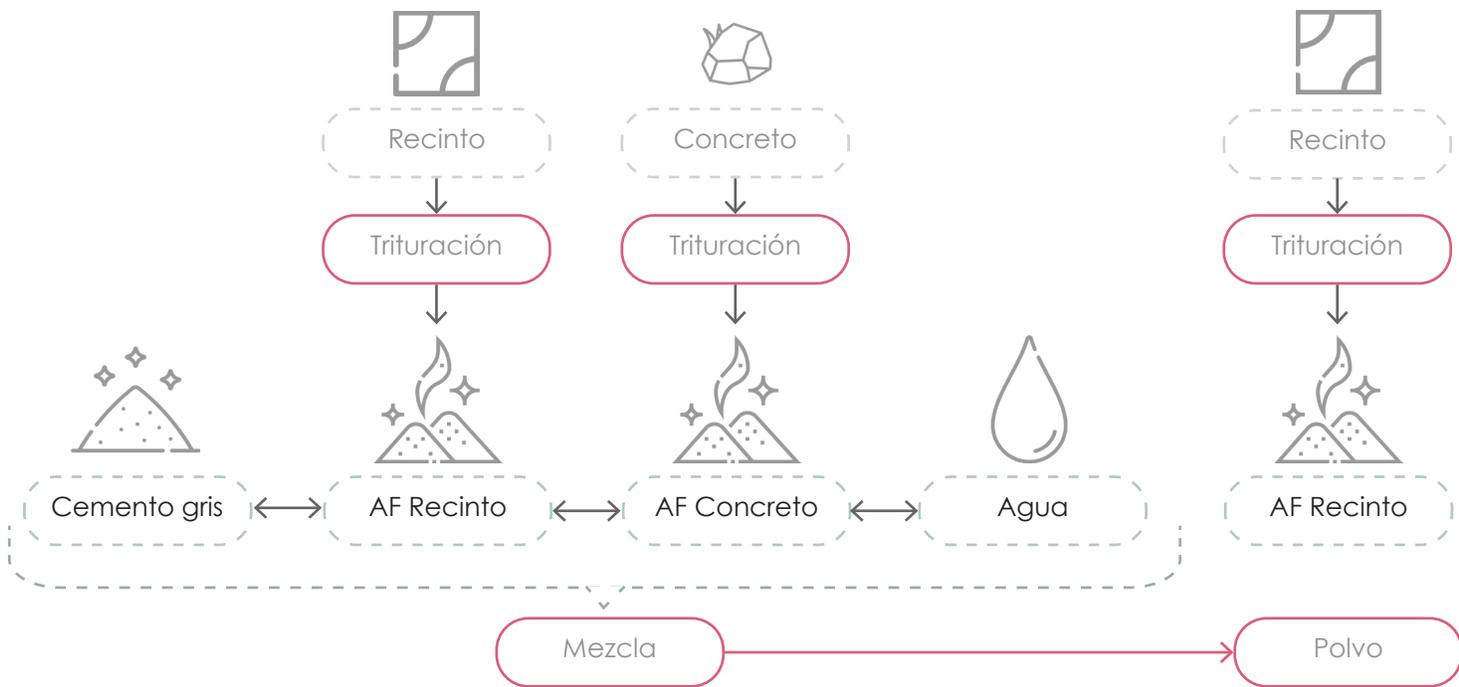
EXPLORACIÓN 5



EXPLORACIÓN 6

Figura 154: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 3. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CATÁLOGO Y DIA



Figura

GRAMA DE FLUJO



Figura 155: Diagrama de flujo de elaboración de piezas parte 4. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

RESULTADOS

Texturas:

- Acabados Lisos: Las mezclas con una mayor proporción de polvo fino de piedra resultaron en superficies más lisas y uniformes.
- Acabados Rugosos: Las mezclas con fragmentos más grandes de piedra produjeron superficies rugosas, con una textura táctil notable que podría ser útil en aplicaciones antideslizantes.
- Patrones Decorativos: La utilización de matrices permitió la creación de patrones decorativos complejos que añadieron un valor estético significativo al material.

Tonalidades:

- Tonalidades Naturales: Los diferentes residuos y piedras aportaron una gama de tonalidades que variaron desde el blanco, el negro, gris y tonos naranjas.

El experimento demostró que la incorporación de residuos de piedra en la mezcla de tabique y concreto no solo es viable, sino que también ofrece una amplia gama de posibilidades en términos de colorimetría y textura. Las técnicas de texturización y la variabilidad en las proporciones de residuos permiten adaptar el material a diferentes necesidades estéticas y funcionales en la arquitectura y el diseño. Este enfoque no solo contribuye a la innovación en materiales de construcción, sino que también promueve la sostenibilidad al reutilizar residuos que de otro modo serían desechados.



Figura 156: Muestras finales.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

COSTOS Y HUELLA CO2

Por otro lado, considerando las posibles actividades involucradas se calculó la huella de CO2 de la pieza mencionada.

En este apartado se enfocó en el análisis de los costos de producción y la huella de carbono de baldosas fabricadas, con el objetivo de evaluar su viabilidad y beneficios ambientales en comparación con los productos tradicionales disponibles en el mercado. Primeramente, se tomó de referencia las piezas obtenidas de 10 cm x 10 cm x 3 cm para calcular el costo estimado de la pieza considerando todos los gastos relacionados. Con esta base se calculó el costo y la huella de CO2 de la pieza final de 30 cm x 30 cm x 5 cm.

Es fundamental analizar el resultado final es competitivo en términos de costos y en la huella de carbono, ya que, uno de los objetivos es desarrollar un producto de menor impacto ambiental. Para abordar estas cuestiones, se desarrollo un desglose de todos los costos involucrados en la producción, desde la recolección y procesamiento de los residuos, hasta la mano de obra.

Por otro lado, la huella de CO2 ha sido calculada mediante un análisis de las etapas de la producción, desde la extracción de materiales hasta la producción. Este enfoque permite una evaluación completa del impacto ambiental del producto obtenido. Los resultados de este análisis demuestran que es posible reducir significativamente la huella de carbono mediante la utilización de residuos de construcción, contribuyendo así a una industria de la construcción más sostenible.

DESGLOSE DE COSTOS

A continuación, se muestra el desglose de los costos involucrados para la fabricación de una pieza de 10 cm x 10 cm x 3 cm.

RECOLECCIÓN/ GASOLINA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Distancia recorrida: 16 km Rendimiento por litro: 10.7 km Costo de litro de gasolina: \$23.99 Kilos recolectados: 30 kg Costo de recolección total: \$35.88	\$35.88/ 30 kg \$1.19	\$0.50

CEMENTO NUEVO

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Costo de bulto de 25 kg: \$155	\$6.20	\$0.53

MOLDE

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Costo de acrílico por pieza: \$47.50 Corte laser por pieza: \$27.50 Rendimiento de piezas por molde: 500	\$47.50 / 500 Piezas \$27.50 / 500 Piezas	\$0.06 \$0.10

COSTO DE AGUA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO DE M3	COSTO POR PIEZA
	\$85.00	\$0.02

COSTO DE LUZ DE MÁQUINA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Consumo de energía: 750 W	\$0.02	\$0.01

MANO DE OBRA

CONCEPTOS RELACIONADOS	SALARIO POR HORA	COSTO POR PIEZA
Sueldo por día: \$248.93	\$248.93/8 Horas Pzs por hora = 30	\$1.04

COSTO TOTAL DE PIEZA

\$2.31

DESGLOSE DE CO2

Nombre	Cantidad	Consumo eléctrico (W)	Tiempo de uso (hrs)	Cantidad de residuo (kg)
Máquina de desgaste Los Ángeles	1	750	0.25	

CÁLCULO DE EMISIONES DE CO2 POR USO DE VEHÍCULO PARTICULAR

Distancia recorrida (km)	Gasolina utilizada (lt)	CO2 por cada litro de gasolina (kg)	Emisiones de CO2 (kg)
16	0.96	38.272	36.74112

Emisiones de CO2 indirectas al año (kg)
0.0028375

+

Emisiones de CO2 (kg)
36.74112

+

en kg duo lo	Consumo eléctrico por tiempo de uso (KWh)
30	0.00625

Factor de emisiones eléctrico (kg	Total de Consumo eléctrico (KWh)	Emisiones de CO2 indirectas al
0.454	0.00625	0.0028375

Emisiones de CO2
36.7439575

=

Emisiones de CO2 por pieza
0.556726629

Figura 157: Tabla de desglose de CO2 pieza muestra.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

PIEZA FINAL 30X30X2.5CM



Figura 158: Pieza final de baldosa.

Elaborado por Jessica Morales Magaña

DESGLOSE DE COSTOS

A continuación, se muestra el desglose de los costos involucrados para la fabricación de una pieza de 30 cm x 30 cm x 5 cm.

RECOLECCIÓN/ GASOLINA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Distancia recorrida: 16 km Rendimiento por litro: 10.7 km Costo de litro de gasolina: \$23.99 Kilos recolectados: 30 kg Costo de recolección total: \$35.88	\$35.88/ 30 kg \$1.19	\$2.52

CEMENTO NUEVO

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Costo de bulto de 25 kg: \$155	\$6.20	\$6.50

MOLDE

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Costo de acrílico por pieza: \$190 Corte laser por pieza: \$50 Rendimiento de piezas por molde: 500	\$190 / 500 Piezas \$50 / 500 Piezas	\$0.38 \$0.10

COSTO DE AGUA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO DE M3	COSTO POR PIEZA
	\$85.00	\$0.38

COSTO DE LUZ DE MÁQUINA

CONCEPTOS RELACIONADOS	COSTO POR KILO	COSTO POR PIEZA
Consumo de energía: 750 W	\$0.02	\$0.04

MANO DE OBRA

CONCEPTOS RELACIONADOS	SALARIO POR HORA	COSTO POR PIEZA
Sueldo por día: \$248.93	\$248.93/8 Horas Pzs por hora = 8	\$3.88

COSTO TOTAL DE PIEZA

\$13.80

DESGLOSE DE CO2

CÁLCULO DE EMISIONES

Nombre	Cantidad	Consumo eléctrico (W)	Tiempo de uso (hrs)	Cantidad de res molli
Máquina de trituración	1	750	0.25	

CÁLCULO DE EMISIONES DE CO2 DE TRANSPORTE

Distancia recorrida (km)	Gasolina utilizada (lt)	CO2 por cada litro de gasolina (kg)	Emisiones de CO2 (kg)
0	0	0	0

Emisiones de CO2 indirectas al año (kg)
0.01325

+

Emisiones de CO2 (kg)
0

+

EMISIONES INDIRECTAS DE CO2

Factor de emisiones eléctrico (kg CO2/kWh)	Consumo eléctrico por tiempo de uso (KWh)
30	0.00625

Factor de emisiones eléctrico (kg CO2/kWh)	Total de Consumo eléctrico (KWh)	Emisiones de CO2 indirectas al
2.12	0.00625	0.01325

Emisiones de CO2
0.01325

-

Emisiones de CO2 por pieza
0.000946429

Figura 159: Tabla de desglose de CO2 pieza final.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

COMPARACIÓN COSTO



Figura 160: Comparación costos.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Los precios de productos existentes en el mercado se obtuvieron de Home Depot.

COMPARACIÓN CO2

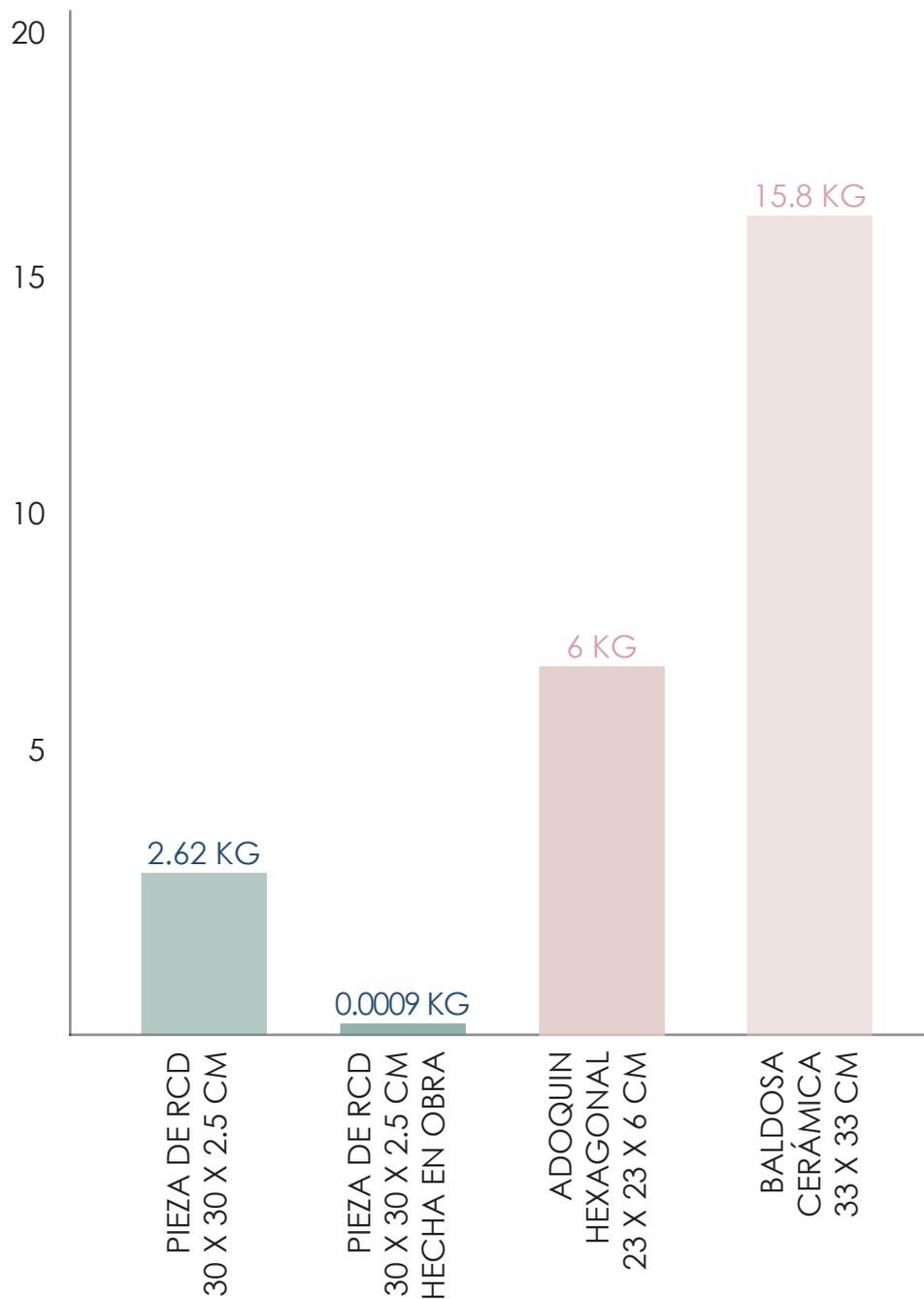


Figura 161: Comparación de huella de CO2.

Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Fuente: Regional, F. e. (2017). The granite brand . Obtenido de <https://www.the-granitebrand.com/es/actualidad/el-granito-y-su-baja-huella-de-carbono-frente-otros-materiales>

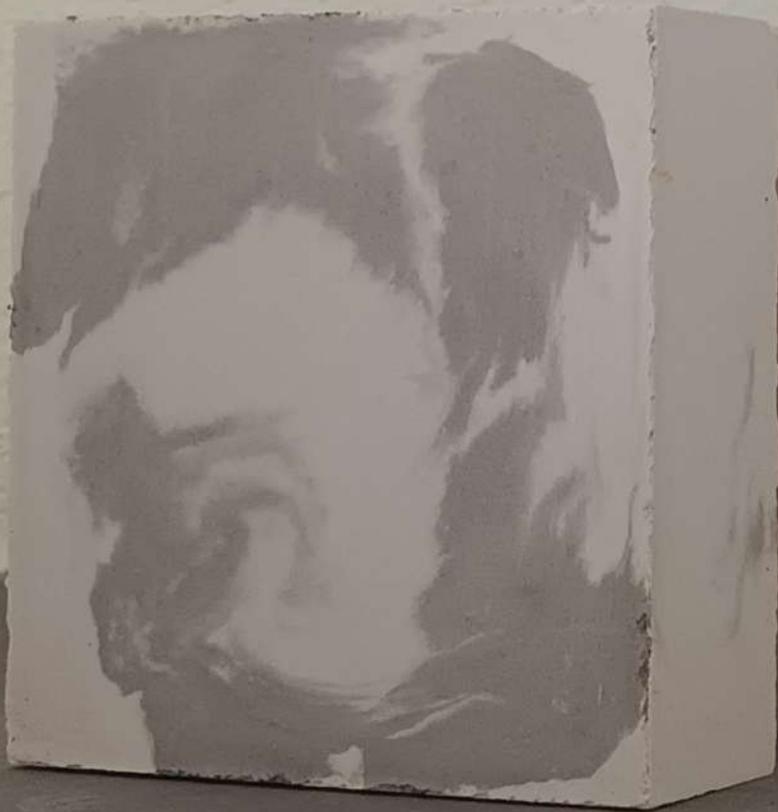




Figura 162: Muestras finales.
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Figura 163: Aplicación muro.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

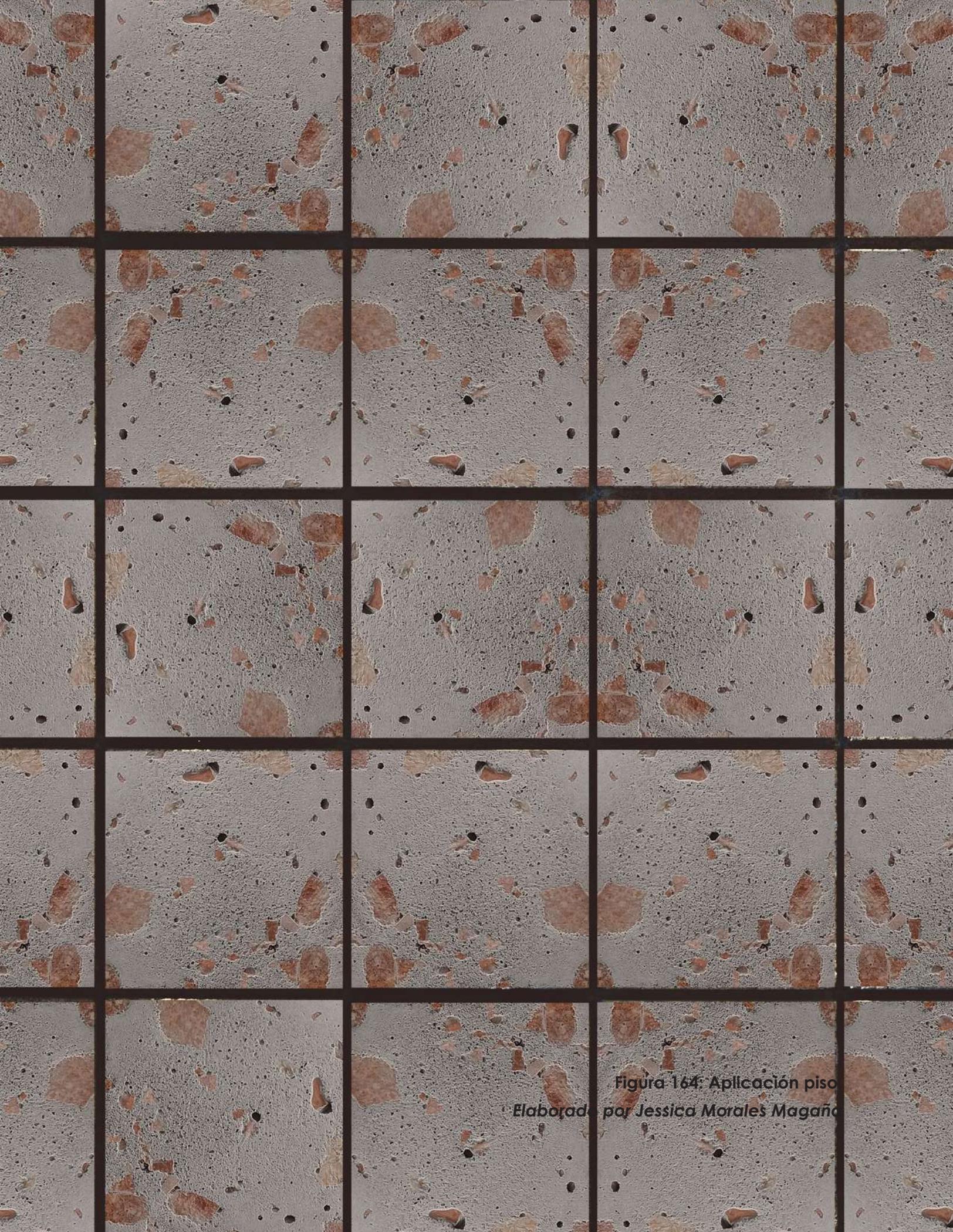


Figura 164: Aplicación piso
Elaborado por Jessica Morales Magaña



Figura 165: Pieza de celosía.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

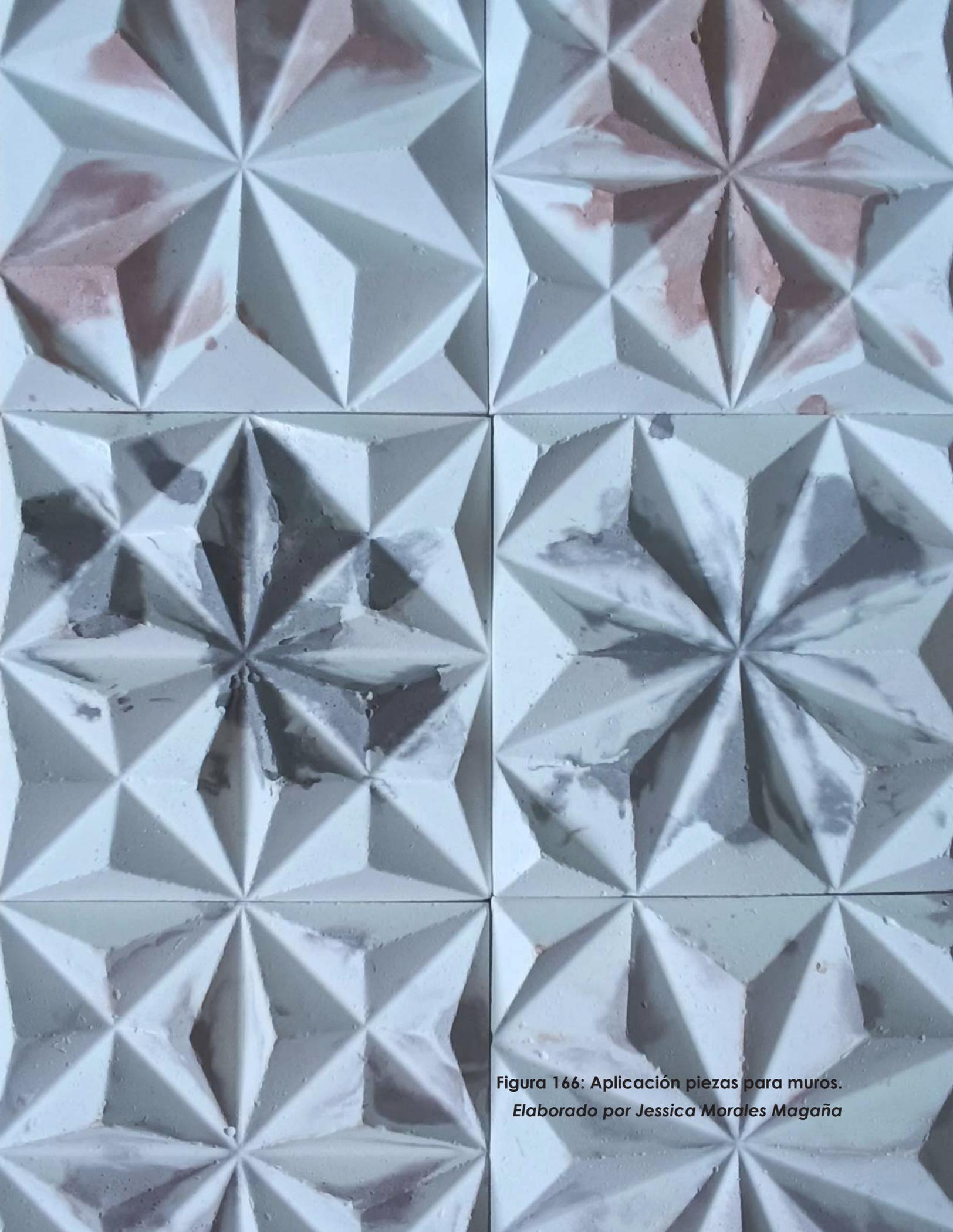


Figura 166: Aplicación piezas para muros.
Elaborado por Jessica Morales Magaña





Figura 167: Aplicación piezas de decoración.
Elaborado por Jessica Morales Magaña

CATÁLOGO DE PRODUCTOS

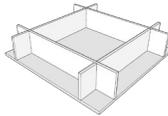
A



Mezcla



B



Molde



BALDOSA

A



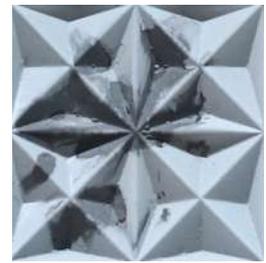
Mezcla



C



Molde



AZULEJO

A



Mezcla



D



Molde



CELOSÍA



Figura 168: Catálogo de productos. Elaborado por Jessica Morales Magaña.

CAPÍTULO

0

FUNCIONAMIENTO

TULO

5

D A GRAN ESCALA

MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Se plantea que el modelo de funcionamiento a gran escala sea un modelo de retorno en la misma obra de construcción, es decir, que el residuo de construcción que se genere en la obra sea reutilizado como materia prima para la generación de acabados para la aplicación dentro de la misma obra.

Para realizar este retorno, se plantea un primer ciclo de funcionamiento dentro de la obra, en donde debe existir una maquinaria especial para la trituración de los residuos para generar los agregados de una forma más práctica y sencilla. Si la obra cuenta con esta maquinaria se reducen significativamente los costos de producción y distribución.

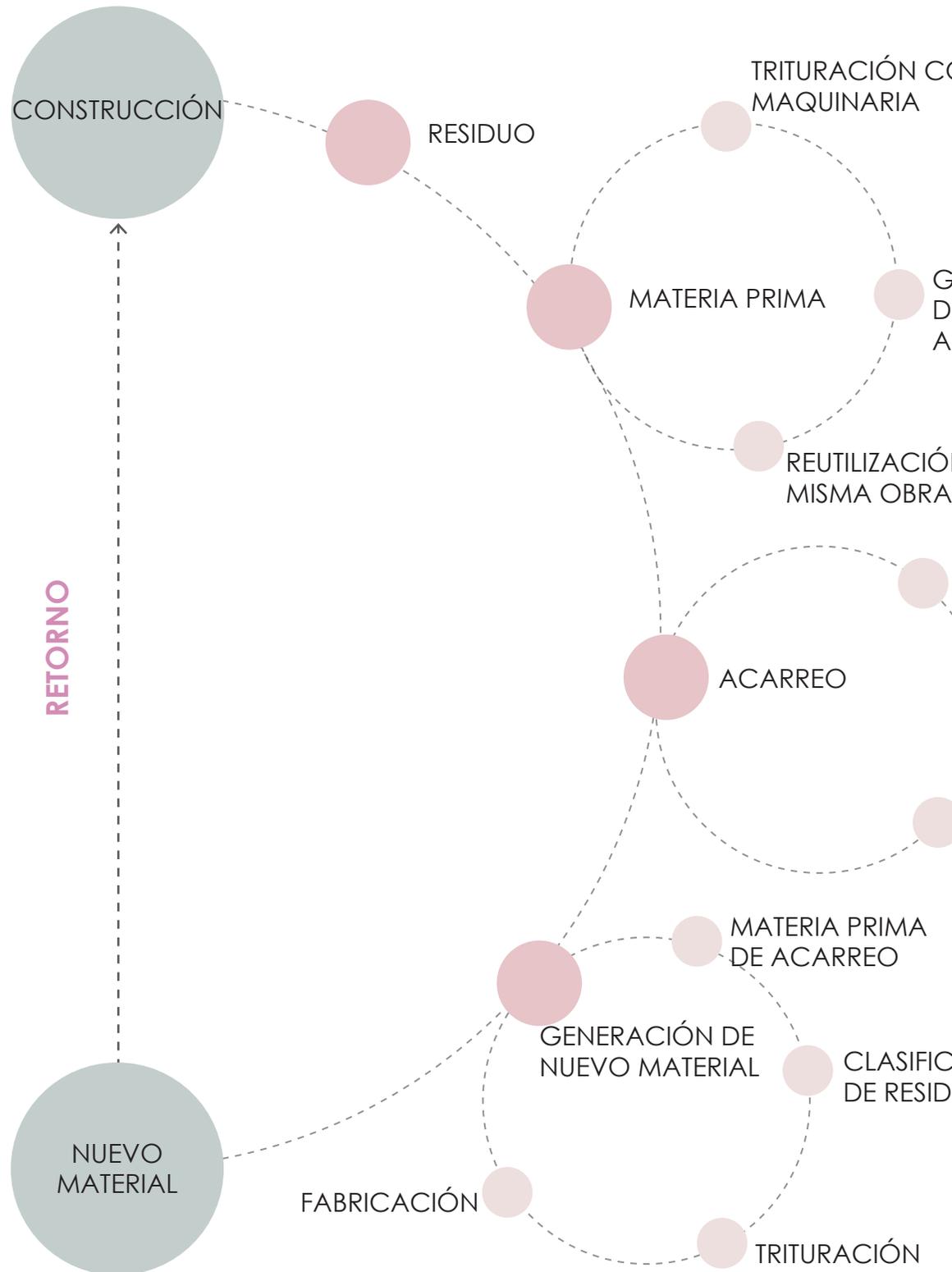
Por otro lado, otro ciclo que es una segunda opción de modelo de funcionamiento se plantea que el producto sea visto desde un modelo de negocio donde se realice una recolección de residuos dentro de las obras de construcción por medio de la vinculación con personas que realicen viajes de acarreo para después transformarlo en nuevas materialidades para el uso en la construcción. Es decir, que se trataría de un modelo de compra y venta de productos.

Este funcionamiento se plantea en el siguiente diagrama, entendiendo el modelo como un gran ciclo que se conforma de microciclos.



Figura 169: Mezcla.
Fuente: Pexels.

MODELO DE FUM



FUNCIONAMIENTO

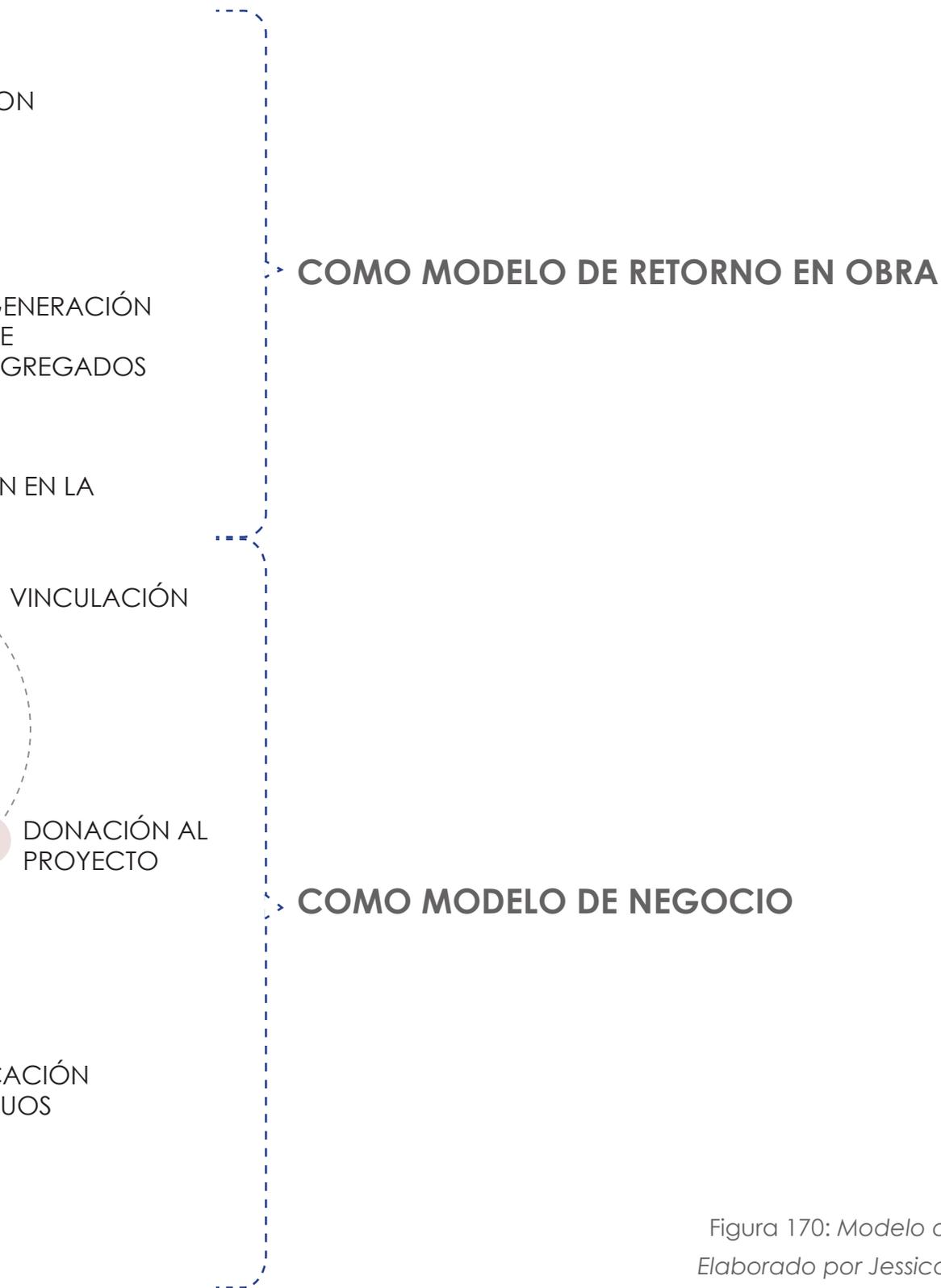


Figura 170: Modelo de funcionamiento.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Dado que la solución más óptima para el manejo de residuos en la construcción es la reintegración de los mismos dentro de la obra, se propone como estrategia la implementación de un programa de capacitación en sitio. Este programa estaría orientado a enseñar a los trabajadores el proceso detallado de reutilización de los materiales, asegurando que cada paso necesario sea comprendido y aplicado correctamente. La capacitación incluiría instrucciones prácticas sobre cómo clasificar, procesar y reincorporar los residuos generados, promoviendo una economía circular en el sitio de construcción.

Estas capacitaciones no solo serán vistas como un componente esencial del proceso de construcción, sino también como un servicio de valor añadido al proyecto, con un costo que podría considerarse y planificarse en fases futuras del proyecto. Este enfoque garantiza que las obras no solo cumplan con las normativas ambientales, sino que también contribuyan a la sostenibilidad del proyecto.

Adicionalmente, para asegurar la correcta implementación de estos procesos, sería necesario contar con la supervisión de profesionales certificados que realicen inspecciones periódicas en el sitio. Estos especialistas verificarían que todas las etapas del procedimiento se estén llevando a cabo de acuerdo con los estándares establecidos y con las mejores prácticas de la industria. Esta revisión técnica sería fundamental en una fase avanzada del proyecto, cuando la ejecución de los procesos ya esté en marcha y su correcta implementación sea crítica para el éxito de la obra.

En cuanto a los requisitos para implementar este enfoque, es imprescindible que la obra cuente con una gestión eficiente de los residuos, comenzando con su adecuada separación por tipo. Además, será necesario disponer de mano de obra capacitada y de maquinaria básica, como una revolvedora, para procesar los materiales en el mismo lugar. Estas condiciones facilitarían la producción de nuevos materiales reutilizables, cerrando el ciclo de sostenibilidad en el sitio de

construcción.

Por otro lado, al analizar el proceso desde la perspectiva de un modelo de negocio, es importante establecer una vinculación con las personas encargadas que se dedican a los viajes de acarreo. El objetivo principal de esta vinculación sería redirigir los residuos de la obra, evitando que sean transportados a tiraderos convencionales y, en su lugar, llevarlos a centros de acopio específicos dentro del proyecto. De este modo, se integrarían a estas personas a un sistema comprometido con la reducción del impacto ambiental, asegurando que los residuos puedan ser reutilizados o reciclados de manera efectiva.

Al formar parte de un proceso enfocado en la economía circular, estos actores clave del proyecto se beneficiarán de un enfoque a largo plazo, obteniendo reconocimiento como participantes activos en la reducción de residuos y la promoción de prácticas responsables en la construcción.

Otra opción interesante sería que el propio proyecto incluyera un servicio interno de acarreo de residuos. Este servicio, además de estar diseñado para reducir los costos de transporte en comparación con los servicios de acarreo tradicionales, podría ofrecer un valor añadido al garantizar que los materiales transportados sean gestionados de manera sostenible. La reducción de costos podría convertirse en un atractivo diferenciador en el mercado, lo que permitiría ofrecer una solución más económica y ambientalmente responsable frente a los competidores.

Este modelo no solo reduciría el impacto ambiental de los residuos de construcción, sino que también ayudaría a optimizar los recursos financieros del proyecto. Al ofrecer un servicio integrado y alineado con los principios de sostenibilidad, se mejoraría la eficiencia operativa, proporcionando una ventaja competitiva en el sector de la construcción.

TRITURACIÓN

Para el proceso de trituración se buscó desarrollar una estrategia que fuera viable y práctica, ya que, el objetivo principal en el modelo de funcionamiento a gran escala es que el RCD que se genere dentro de una construcción se recicle en la misma construcción para reducir gastos de fabricación y traslado.

Por ende, se buscó asesoría de un ingeniero mecánico para diseñar la máquina de trituración. La Ing. Frida Cecilia Trejo Elías diseñó la siguiente estrategia en base a un análisis y cálculo profundo.

Anteriormente, para la trituración en la fase experimental se utilizó la máquina de desgaste Los Ángeles, en base a las propiedades mecánicas de esta máquina la Ing. Trejo Elías partió para diseñar la máquina. Después de un análisis y discusión sobre los procesos que se llevan a cabo en la construcción, la Ing. Trejo Elías dedujo que una máquina revolvente podría ser utilizada para la trituración, lo que llevaría a reducir un gasto de fabricación de una nueva máquina.

Por lo tanto, realizó los cálculos pertinentes para valorar si efectivamente la máquina revolvente aguantaría el peso del material y podría triturarlo de forma eficiente. Para el cálculo de valoración se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$P = T \omega$$

$$T_{ang} = \frac{P \text{ (kW)} \cdot 9549}{\omega \text{ (rev/min)}}$$

$$T_{rev} = F_{rev} \cdot r_{rev}$$

$$\omega_{rev} = \frac{P_{rev}}{T}$$

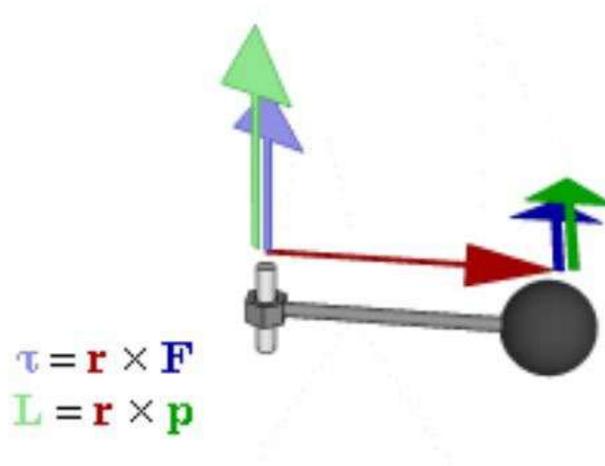


Figura 171: Diagrama de esfuerzo de torsión.

Como se muestra en el diagrama, los cálculos que se realizaron es para analizar como se ejercen las fuerzan perpendiculares que permiten realizar el giro en la máquina y demuestran cuanto peso puede soportar del material y cuantas vueltas por minuto se requieren para triturar de forma eficiente el RCD.

En las siguientes tablas se muestra el cálculo realizado por la Ing. Trejo Elías, concluyendo que la velocidad angular de la revolvedora es de 35 rpm contra los 31 rpm de la máquina de desgaste los ángeles. Por ende, es viable la utilización de una máquina revolvedora para triturar los RCD de la construcción, sin exceder los 94 kilogramos de capacidad para que se triture al 100%. Unicamente se tendrían que comparar las 12 esferas de acero que lleva la máquina de desgaste los ángeles.

Cabe mencionar que la máquina de desgaste los angeles utilizada tiene un espesor de 12 mm, por lo que es de suma importancia que la revolvedora a utilizar tenga un espesor mínimo de 6 mm y que no se excedan los 94 kilogramos por ciclo porque sino la máquina podría sufrir daños.

Si en caso de que se requiera utilizar otra revolvedora con especificaciones diferentes mostradas en las tablas, se tendrían que hacer nuevos cálculos para identificar cuántos kilogramos aguantaría por ciclo.



Figura 172: Modelo de revolvedora.
Elaborado por Frida Cecilia Trejo Elías.

Datos de la Máquina de Desgaste Los Ángeles			
Especificaciones de la máquina		Datos calculados	
Potencia del motor (W)	750	Velocidad Angular (rad/s)	3.2463
Velocidad Angular (rpm)	31	Torque del motor (Nm)	231.031369
Diámetro del tambor (m)	0.711		

Cálculo de carga máxima en revolvedora para el desgaste			
Datos a introducir		Datos calculados	
Torque requerido en la revolvedora (Nm)	231.031369	Fuerza lineal máxima de la revolvedora (Nm)	924.125476
Radio del tanque de la revolvedora (m)	0.25	Carga máxima para desgaste en la revolvedora (kg)	94.2023931

Cálculo de la velocidad angular en la revolvedora			
Datos requeridos para el cálculo		Datos calculados	
Potencia del motor de la revolvedora (W)	850	Velocidad angular de la revolvedora (rad/s)	3.67915406
Torque con el que debe cumplir el motor (Nm)	231.031369	Velocidad angular de la revolvedora (rpm)	35.1333333

Datos de revolvedora			
Especificaciones dadas de revolvedora		Datos calculados	
Capacidad de mezcla de cemento (L)	200	Capacidad de mezcla de cemento (kg)	320
Potencia del motor (W)	850		

Figura 173: Tablas de cálculo.
Elaborado por Frida Cecilia Trejo Elías.

CAPÍ

0

REFLEXION

TULO

6

ES FINALES

REFLEXIÓN

Este proyecto nació desde una visión profundamente sustentable, motivada por la preocupación sobre la gran cantidad de residuos que se generan en la industria de la construcción. A lo largo de los años, ha sido evidente que no solo se producen enormes volúmenes de residuos, sino que también existe una alarmante falta de conciencia o políticas efectivas para su reutilización. Estos residuos, conocidos como residuos de construcción y demolición (RCD), son frecuentemente descartados sin considerar su potencial como recursos valiosos.

Reflexionando sobre la historia, encontramos ejemplos significativos en la antigüedad, particularmente en Roma, donde los RCD no eran vistos como desechos, sino como materiales útiles para nuevas edificaciones. Esta práctica no solo reducía el desperdicio, sino que también aprovechaba los recursos de manera eficiente. Sin embargo, en algún punto de la historia, esta visión se fue perdiendo, dando paso a un modelo de consumo lineal, en el cual los materiales simplemente son desechados. En la actualidad, este enfoque ha traído consecuencias ambientales graves, contribuyendo a la sobrecarga de los vertederos y al agotamiento de recursos naturales.

Frente a este panorama, surge la necesidad de revalorizar los RCD mediante procesos de reciclaje y reutilización, como una solución para mitigar el impacto ambiental de la industria. El presente proyecto responde precisamente a este cuestionamiento: ¿por qué no aprovechar estos residuos y darles una segunda vida? Al reutilizar los RCD, no solo se reduce la demanda de nuevos materiales, sino que también se promueve una economía circular, donde los residuos se transforman en insumos para nuevas construcciones.

Este enfoque no solo tiene implicaciones ambientales, sino también económicas y sociales, fomentando la creación de nuevos mercados y oportunidades laborales en torno a la gestión de residuos y la producción de materiales reciclados. A largo plazo, la implementación de prácticas de reciclaje de RCD puede contribuir significativamente a reducir la huella ecológica de la construcción, promoviendo ciudades más sostenibles y resilientes. Así, este proyecto se alinea con la necesidad de repensar los procesos constructivos desde una perspectiva más

consciente y responsable con el entorno.

En este trabajo de investigación se sometió los RCD a un proceso de reciclaje y reutilización para su retorno a la construcción. Se llevó a cabo un proceso de transformación para lograr un nuevo material y demostrar que es viable para la utilización en la construcción como una baldosa.

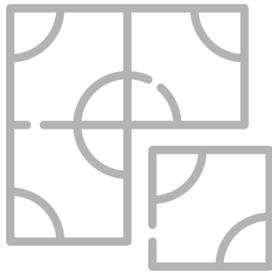
Durante la fase experimental el material arrojó buenos resultados, afirmando que es un material viable para utilizar en elementos no estructurales. Ya que, los resultados que presenta en su resistencia a la compresión demuestran que no podría ser un material estructural, sin embargo, puede utilizarse perfectamente en acabados.

Por otro lado, se demostró que se pueden generar distintos acabados interesantes dependiendo de los RCD con los que se cuente en cada construcción, lo que lleva a diferentes texturas y colorimetrías que pueden llegar a ser únicas y representativas de cada construcción.

Una gran aportación de este proyecto ha sido una nueva visión ante la construcción, encontrando un área de oportunidad importante en el desaprovechamiento de los RCD en la actualidad, que han llevado a aumentar la contaminación del medio ambiente. Además, que los métodos tradicionales de la construcción no tienen la capacidad de medir cuanto RCD se generaran en cada tipo de construcción, por lo que se convierte en un gasto indirecto variable.

Y lo más importante, se generarían productos que promuevan la economía circular rompiendo con los modelos tradicionales que aumentan la contaminación medioambiental. Estos productos generaran ciclos infinitos de reutilización y retorno a la construcción.

Aplicaciones posibles



Baldosas



Celosía



Objetos de decoración



Recubrimientos en muros



Aplanados

Economía circular

Figura 174: Aplicaciones posibles.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

Movimientos y cambios de pensamiento, como la economía circular, han abierto grandes de posibilidades en diversas áreas, impulsando nuevas tendencias comprometidas con el bienestar del medio ambiente y la sostenibilidad. A diferencia del modelo económico tradicional, basado en el concepto de “tomar, usar y desechar”, la economía circular promueve un ciclo continuo de reutilización, regeneración y reciclaje de recursos, minimizando el desperdicio y el consumo de materiales vírgenes. Este enfoque no solo ofrece soluciones para mitigar el impacto ambiental, sino que también fomenta la innovación en procesos productivos, materiales y tecnologías.

En el sector de la construcción, las implicaciones de adoptar principios de economía circular son inmensas. La industria de la construcción, históricamente conocida por ser una de las mayores generadoras de residuos y emisiones de carbono, se enfrenta a una transformación radical. Las posibilidades a futuro son prácticamente infinitas, ya que la implementación de nuevos enfoques, tecnologías y materiales permite imaginar un escenario donde las edificaciones puedan ser desarrolladas sin generar ningún tipo de residuo.

Los residuos de construcción y demolición (RCD), que tradicionalmente han sido considerados desechos, ahora pueden ser transformados en nuevos materiales para la edificación, lo que no solo reduce la demanda de materias primas, sino que también disminuye el impacto ambiental asociado con su extracción y transporte. Además, la reutilización de materiales impulsa la eficiencia energética, al reducir los costos y el uso de recursos durante el ciclo de vida de un proyecto.

En resumen, la economía circular no solo impulsa el desarrollo de construcciones más sustentables y eficientes, sino que también redefine el modo en que entendemos y gestionamos los recursos. Al integrar estos principios en el área de la construcción, se promueve un enfoque más consciente y responsable, que no solo busca minimizar el impacto ambiental, sino que también garantiza un uso más eficiente y duradero de los materiales, sentando las bases para un futuro más ecológico y equilibrado.

OPORTUNIDADES EVOL



OPORTUNIDADES DE PROYECTO

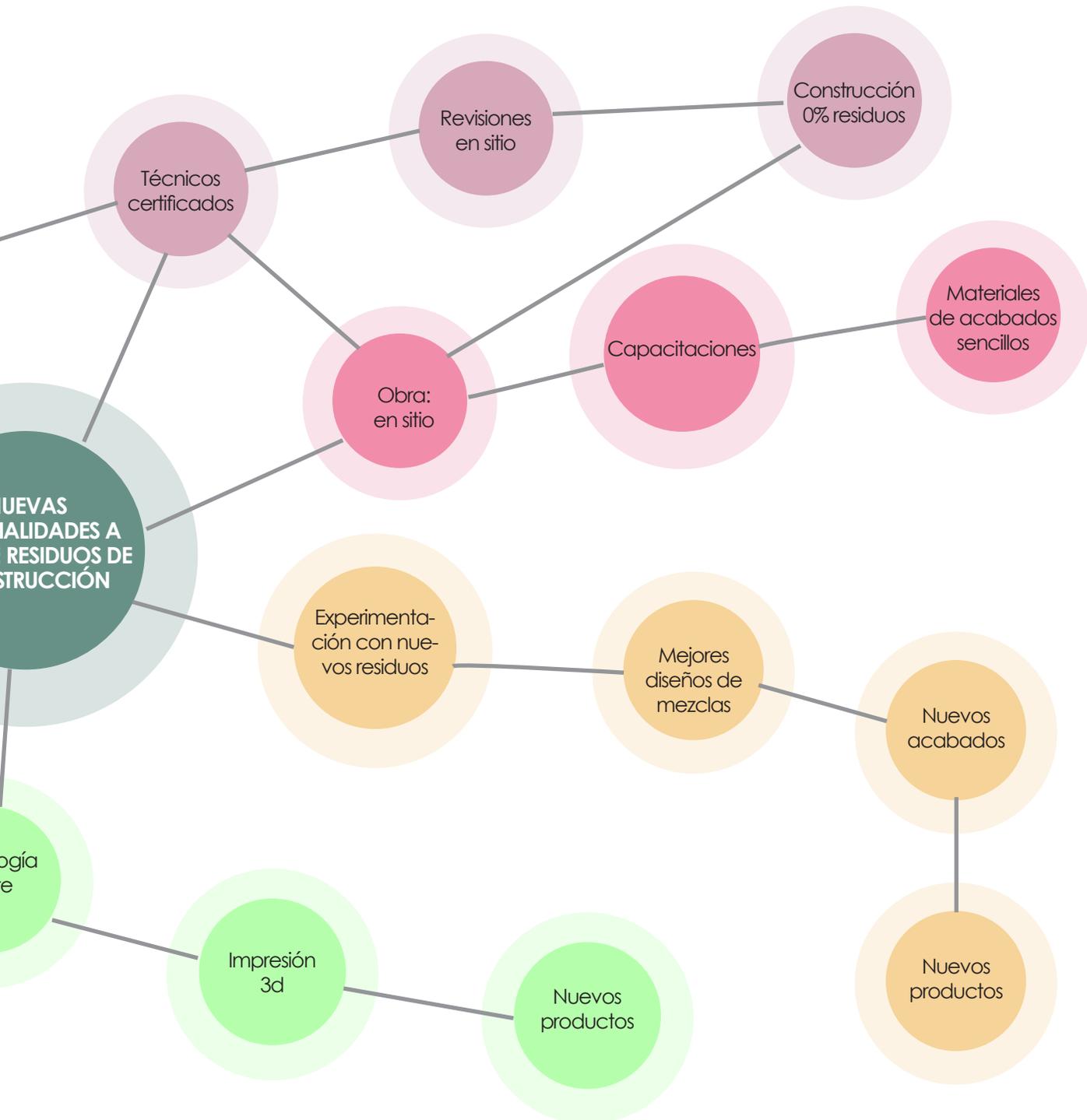


Figura 175: Oportunidades evolutivas del proyecto.
Elaborado por Jessica Morales Magaña.

El proyecto presenta un vasto potencial de crecimiento y evolución, siendo considerado un proyecto que puede desarrollarse en múltiples fases a lo largo del tiempo. Existe la intención de continuar su desarrollo dentro del marco de un doctorado o de explorar su viabilidad como un modelo de negocio. Su enfoque abarca desde la capacitación de profesionales hasta la implementación de tecnologías avanzadas para la optimización de procesos en la construcción sostenible.

A continuación, se proponen las fases clave en las que el proyecto puede evolucionar:

Capacitación y Difusión de Conocimiento: Esta es la primera etapa, donde se prioriza la transferencia de conocimientos a profesionales y técnicos en el sector de la construcción. Se pretende comunicar de manera efectiva los procesos y las técnicas desarrolladas para el manejo de residuos y la implementación de prácticas sostenibles. A través de talleres y seminarios, se busca capacitar a una red de expertos en técnicas innovadoras y respetuosas con el medio ambiente.

Certificación de Profesionistas: Una vez establecida la fase de capacitación, será esencial contar con profesionales certificados que puedan supervisar y validar la correcta implementación de las prácticas en las obras. La certificación garantizará que el proceso se ejecute bajo estándares rigurosos, asegurando la calidad y eficiencia de las soluciones aplicadas en proyectos de construcción.

Experimentación con Nuevos Materiales: El proyecto continuará evolucionando mediante la investigación y experimentación con nuevos residuos de construcción. Se explorará la posibilidad de integrar otros residuos, como la madera o el vidrio, para el desarrollo de nuevas mezclas y soluciones de construcción, ampliando el espectro de reutilización de materiales.

Desarrollo de un Modelo de Negocio: Ligado estrechamente a las fases de capacitación y certificación, se plantea la creación de un modelo de negocio que abarque la fabricación, distribución y comercialización de productos especializados, optimizados tanto en términos de color como de textura. Este modelo permitirá la generación de valor a partir de materiales reciclados, impulsando una economía circular en el sector de la construcción.

Certificación de Construcciones Sostenibles: A largo plazo, el proyecto aspira a establecer un sistema de certificación para obras que logren reducir su impacto ambiental a través del aprovechamiento de residuos. Este certificado acreditará la implementación de prácticas sostenibles, agregando valor a los proyectos que adopten estas soluciones y fomentando una mayor responsabilidad ambiental en el sector.

Integración de Tecnología y Arte: Existe un gran potencial para vincular la tecnología con el arte, permitiendo la colaboración con diseñadores y artistas para la creación de piezas innovadoras utilizando tecnologías como la impresión 3D. Esta sinergia no solo aportará valor estético, sino que también promoverá el uso creativo de residuos y materiales reciclados.

Desarrollo de Algoritmos y Sistemas Computacionales: Finalmente, una de las proyecciones más ambiciosas es la creación de un algoritmo matemático que permita predecir la cantidad de residuos generados en una construcción. Este sistema computarizado facilitará la estimación precisa del aprovechamiento de materiales, optimizando tanto los costos como el impacto ambiental de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, M. (2016). Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del tabique de barro recocido para la ciudad de Aguascalientes y área conurbada. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

ASTM International (ASTM). (2015). ASTM C880-06

Betancourt Quiroga, C. I., Correa Giraldo, V. M., & Betancourt Quiroga, B. O. Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en la industria de la construcción de la ciudad de México Distrito Federal.

Biomason. (2015). *Biomason*. Obtenido de <https://biomason.com/about>

Ceschin, F. (2016). Evolution of design sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. Elsevier.

Chinda, T. (2016). Investigation of factors affecting a construction waste recycling decision. *Civil Engineering and Environmental Systems*.

CINARK, C. d. (2022). La pirámide de materiales de construcción . Det Kongelige Akademi.

Development, W. C. (1987). Energy. *World Commission on Environment and Development*, 91.

Economy, C. (2022). The Circularity Gap Report. *Circle Economy*, 26.

Edgar Sandoval García, Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez & Adrián Correa Torres. (2023). Midiendo la economía circular en México. INEGI.

Gabriel Luiz Fritz Benachio, M. d. (2020). *Journal of Cleaner Production*. Elsevier.

Gómez, M. A. (2011). Diseño estructural con concreto de alta resistencia. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

BIBLIOGRAFÍA

Gulghane, A. (2015). Management for Construction Materials and Control of Construction Waste in Construction Industry. Ijera.

Helen Kopnina & Kim Poldner. (2021). Circular Economy: Challenges and Opportunities for Ethical and Sustainable Business. Routledge.

Hou, X. (2022). Materiales ecológicos. *ArchDaily*.

Lefteri, C. (2014). *Materials for design*. Londres: Laurence King .

Leonard, A. (2007). *La historia de las cosas*. Estados Unidos: Tagus.

Mamo S., Fjellheim K., Venas C., Vevatne J., Mork T. y Henke L. (2023). Waste free construction. Elsevier.

Martínez, N. M. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, pp. 29-56.

Mejía, E., Giraldo, J., Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición, Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Review Manuscript*.

México, G. d. (2015). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

Nelson Afanador García, Gustavo Guerrero Gómez & Richard Monroy Sepúlveda. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.

NIRAS, 2022. Construction and demolition waste. New regulation for waste prevention, source separation and recycling rates. NHP-Network.

Osmani, M. (2008). Architects perspectives on construction waste reduction by design. Elsevier.

BIBLIOGRAFÍA

Osmani, M. (2011). Residuos de la construcción. Elsevier.

Othman, A. E. (2011). Constructability for reducing construction waste and improving building performance. *Built Environmental Journal*.

Pérez, F. (27 de 12 de 2023). Cementos Torices. Obtenido de Cementos Torices: <https://cementostorices.com/blog/construccion/que-es-la-dosificacion-de-concreto/>

Pimenta, C. C. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista economía y política*.

Prieto, C. (2022). Arquitectos españoles crean mortero absorbente de humedad a partir de residuos de la construcción. *ArchDaily*.

Regional, F. e. (2017). The granite brand . Obtenido de <https://www.thegranitebrand.com/es/actualidad/el-granito-y-su-baja-huella-de-carbono-frente-otros-materiales>

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2019). NMX-C-077-ONNCCE-2019: Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo.

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2019). NMX-C-163-ONNCCE-2019 Industria de la Construcción Concreto determinación de la resistencia a la tensión método de ensayo.

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2002). NMX-C-422-ONNCCE-2019 Industria de la Construcción-Loetas cerámicas esmaltadas y sin esmaltar para piso y muro, especificaciones y métodos de ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2015). NMX-C-504-ONNCCE-2015 industria de la construcción: determinación de la absorción capilar en concreto.

Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2020). PROY-NMX-C-083-ONNCCE-2020 Industria de la construcción concreto determinación de la resistencia a la compresión de especímenes método de ensayo.

Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. México: Lucart Estudio S.A. de C.V.

SEMARNAT. (2020). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Obtenido de Gobierno de México: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html#tema1>

Tam, V. (2006). A review on the viable technology for construction waste recycling. Elsevier.

Todobarro. (2024). Obtenido de Todobarro: <https://todobarro.com/baldosas-de-barro-cocido-o-terracota/>

Valencia, M. N. (18 de Mayo de 2015). *Instituto de Ingeniería UNAM*. Obtenido de <http://www.ii.unam.mx/es-mx/Investigacion/Proyecto/Paginas/Ecoladrillosconbaseenresiduosdeconstruccion.aspx>

YI, D. (2021). *Yi Design Group*. Obtenido de <https://yidesigngroup.com/>

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en Diseño Avanzado	
Título del trabajo	Nuevas materialidades a base de residuos de construcción	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Jessica Morales Magaña	2220294j@umich.mx
Director	Dr. Habid Becerra Santacruz	habid.becerra@umich.mx
Codirector	Dr. Axel Becerra Santacruz	axel.becerra@umich.mx
Coordinador del programa	Dr. Habid Becerra Santacruz	habid.becerra@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	si	En capítulo de conclusiones, en partes de discusión de resultados y capítulo de antecedentes

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	si	Para papers de referencia para el estado del arte
Traducción a otra lengua	si	Traducción de resumen
Revisión y corrección de estilo	si	Correcciones generales de redacción
Análisis de datos	si	En discusión de resultados
Búsqueda y organización de información	no	
Formateo de las referencias bibliográficas	no	
Generación de contenido multimedia	no	
Otro		

Datos del solicitante	
Nombre y firma	 Jessica Morales Magaña
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán a 28 de Octubre de 2024

Jessica Morales Magaña

NUEVAS MATERIALIDADES A BASE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN.pdf

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:399705405

Fecha de entrega

29 oct 2024, 8:48 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

29 oct 2024, 8:59 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

NUEVAS MATERIALIDADES A BASE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN.pdf

Tamaño de archivo

48.8 MB

347 Páginas

35,735 Palabras

180,886 Caracteres

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.