



**Universidad
Continental**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Arquitectura

**Fabricación digital aplicada al diseño de
espacios arquitectónicos portables y
efímeros para el campus de la Universidad
Continental Huancayo-2017**

Ricardo Nattery Chavez

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Arquitecto



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Arq. Vladimir Montoya Torres

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, el Arq. Vladimir S. Montoya Torres por su guía y apoyo a través del desarrollo de esta tesis, ya que continuamente y de manera convencida comunicó su afán por la investigación, así como su emoción respecto a la enseñanza en los años que fui su alumno.

Deseo agradecer a cada uno de los docentes de mi alma mater, la Universidad Continental, que me guiaron e inspiraron a seguir adelante durante mis años de estudio, por el espíritu innovador que inculcaron en mí y el deseo de superación que me hizo superar muchos obstáculos

Asimismo agradezco a los colaboradores del Fab Lab de la Universidad Continental por otorgarme las herramientas necesarias para la presente investigación, al Ingeniero Guillermo Jaramillo por su aporte y recomendaciones en la validación de mi instrumento de investigación y a Jhon Lozano por su ayuda y asistencia en la aplicación de la fabricación digital.

Finalmente agradezco a mis compañeros de estudios por la crítica constructiva hecha a este trabajo y por su constante apoyo durante mi época universitaria.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Ricardo y Luz y a mis hermanas Noelia y Luciana, por ser el pilar fundamental en mi formación integral, que sin su apoyo incondicional, consejos y dirección no hubiera logrado una meta más en la vida académica.

A mis amigos, con quienes nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional: Juan Cárdenas, Alex Varillas, Julio Moscoso, Paolo Arce, por compartir la pasión de la arquitectura.

A Andrea Ledesma por su apoyo incondicional, no solo en el desarrollo de esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis.

ÍNDICE

PORTADA	i
ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.2 Formulación del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación y delimitación.....	3
1.3.1 Justificación teórica	3
1.3.2 Justificación practica.....	4
1.3.3 Justificación Metodológica.....	5
1.3.4 Justificación Social	6
1.3.5 Delimitación de la investigación.....	6
1.4 Hipótesis y descripción de variables	7
1.4.1 Hipótesis general	7
1.4.2 Hipótesis específicas	7
1.4.3 Variables.....	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8

2.2	Bases teóricas	17
2.2.1	Fabricación Digital	17
2.2.2.	Arquitectura Efímera, Portable.....	47
2.3	Definición de términos básicos	52
2.3.1	CAD/CAM	52
2.3.2	Maquina CNC	52
2.3.3	Operaciones Booleanas.....	53
2.3.4.	Trayectoria de la herramienta	54
CAPITULO III		56
METODOLOGÍA.....		56
3.1	Método y alcances de la investigación.....	56
3.1.1	Método de la investigación	56
a)	Método general de la investigación.....	56
b)	Métodos específicos de la investigación	56
3.1.2	Alcances de la Investigación.....	57
3.2	Diseño de la Investigación	58
3.3	Población y muestra	58
3.3.1	Población.....	58
3.3.2	Muestra	58
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
CAPITULO IV		60
PROCESO DE DISEÑO Y MATERIALIZACION DE PROTOTIPOS		60
4.1	Proceso de Diseño	60
4.1.1	Consideraciones iniciales para el diseño	60
4.1.2	Idea Rectora, Contextualización del diseño	64
4.1.3	Del Concepto a la Forma.....	67
4.1.4	Digitalización de la forma.....	69
4.1.5	Aplicación de la técnica del Seccionado para Fabricación Digital	71
4.1.6	Encajes para el ensamble entre piezas	73
4.1.7	Diagramación de piezas 2D en una plancha para corte laser	75
4.2	Materialización de los prototipos, proceso CAD/CAM	76
4.3	Ensamblado del prototipo	77
CAPITULO V		82
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		82

5.1	Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras).....	82
5.1.1	Características Físicas	82
5.1.2	Características Constructivas	93
5.1.3	Características Funcionales.....	99
5.1.4	Características formales	103
5.1.5	Características estructurales	105
5.2	Discusión de resultados y prototipo seleccionado.....	106
CAPITULO VI.....		111
DESARROLLO DEL PROTOTIPO SELECCIONADO		111
6.1.	Material y equipo a utilizarse	111
6.2.	Planos arquitectónicos.....	112
6.3.	Corrección final de piezas con puntos críticos	114
6.4.	Proceso de ensamblado	115
6.5.	Detalles constructivos	129
6.6.	Instalación Eléctrica.....	130
6.7.	Equipamiento.....	132
6.8.	Ubicaciones para el Prototipo dentro del Campus	133
6.8.1.	Determinación de ubicaciones para los prototipos no seleccionados.....	133
6.8.2.	Determinación de las ubicaciones para el prototipo seleccionado	137
6.9.	Resumen del proceso desde el diseño hasta la construcción	143
CONCLUSIONES		146
RECOMENDACIONES.....		148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		149
ANEXOS		152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cortadora Laser GCC, Fab Lab U. Continental.....	22
Figura 2: Fresadora CNC cortando plancha de plywood 18mm	23
Figura 3: Ruteadora CNC de gran tamaño.....	24
Figura 4: Prototipo del Pabellón Radiolaria fabricado con Estereolitografía	25
Figura 5: Maquina Stratasys de Modelado de deposición por fusión.....	26
Figura 6: Robótica integrada a ala Impresión 3D	26
Figura 7: Proceso de contorneado con maquina CNC	29
Figura 8: Aplicación del plegado en el Teatro Agora.....	30
Figura 9: Torcedura o pegado de una forma lisa que genera espacios ilusorios.....	30
Figura 10: Prototipo a escala del formado de un panel para un Club en Alemania	31
Figura 11: Espacio temporal generado por la técnica del seccionamiento, desarrollado por estudiantes de la escuela de Arquitectura de Manchester	32
Figura 12: Repetición y gradación de planos seriados	33
Figura 13: Variación posicional de planos seriados	34
Figura 14: Variación direccional de planos seriados	34
Figura 15: Maqueta realizada por un alumno de Wucius Wong	35
Figura 16: Maqueta realizada en un curso de diseño dictado por W. Wong.....	35
Figura 17: Xeromax Envelope, una segunda piel para edificios es producto de la técnica del mosaico y la robótica	36
Figura 18: Estructura de subdivisiones similares aplicado en superficies 2D	37
Figura 19: Plaza Mayor en Sevilla, con el Metropol Parasol.....	38
Figura 20: Vista Isométrica con detalle de las conexiones (Metropol Parasol)	39
Figura 21: El Pabellón de Arte Móvil en el Central Park, Nueva York	40
Figura 22: El Pabellón de Arte Móvil en Paris	41
Figura 23: Perspectiva del Airspace Tokyo	42
Figura 24: Detalle de la superposición de los 4 patrones orgánicos, Airspace Tokyo.....	42
Figura 25: Terminal Portuario Internacional De Pasajeros, Yokohama	43
Figura 26: Sección del Terminal Portuario Internacional De Pasajeros.....	44
Figura 27: Exposición del Vector Wall (Muro Vector), Nueva York.....	44
Figura 28: Prototipo del Muro Vector	45
Figura 29: Fab Lab U. Continental, Huancayo	47
Figura 30: Penal Colony para el Snow Show en Finlandia.....	49
Figura 31: Pabellón de Japón para la Expo 92 en Sevilla	50
Figura 32: El cushicle de Archigram, vivienda como envoltente fácilmente transportable.....	51
Figura 33: Interrelaciones de formas.....	54
Figura 34: Superficie NURBS con puntos de control visibles	55
Figura 35: Malla (Mesh), convertida desde una poli-superficie.....	55
Figura 36: Plano que muestra la ubicación de “mobiliarios urbanos” dentro del campus de la Universidad Continental	62
Figura 37: Fotografías de los espacios que los usuarios de la Universidad Continental usan como mobiliario urbano	63
Figura 38: Módulo informático actual de la Universidad Continental	65

Figura 39: Conjunto de formaciones geológicas conocidas como Torre Torre	66
Figura 40: Formaciones geológicas aisladas en Torre Torre.....	66
Figura 41: Boceto y maqueta del prototipo A, Espacio entre torres.....	67
Figura 42: Abstracción del “pliegue” generado en Torre Torre	68
Figura 43: Boceto y maqueta del Prototipo B, el Pliegue	68
Figura 44: Boceto del Prototipo C, las Torres Aisladas	69
Figura 45: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo A	70
Figura 46: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo B	70
Figura 47: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo C	71
Figura 48: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo A.....	72
Figura 49: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo B.....	72
Figura 50: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo C.....	73
Figura 51: Piezas donde se aprecia el calado con el espesor del material para el encaje	73
Figura 52: Detalle del encaje a presión entre piezas perpendiculares.....	74
Figura 53: Sectores donde se producen puntos críticos en las piezas	74
Figura 54: Diagramación de una de las planchas que se enviaron a la cortadora laser ...	75
Figura 55: Proceso de corte de las piezas en la cortadora láser, Fab Lab de la Universidad Continental.....	76
Figura 56: Piezas retiradas de la cortadora laser	77
Figura 57: Ensamble de las primeras piezas	78
Figura 58: Proceso de ensamblado del prototipo en el Fab Lab de la Universidad Continental	79
Figura 59: Puntos críticos a resolver para mejorar los prototipos	80
Figura 60: Ensamble casi finalizado de un prototipo	80
Figura 61: Histograma del Área del Prototipo	83
Figura 62: Histograma del Peso del Prototipo en Tamaño Real.....	86
Figura 63: Histograma del Número de planos en el eje Y	88
Figura 64: Histograma de la Separación entre planos.....	90
Figura 65: Histograma del Número de uniones entre piezas.....	91
Figura 66: Histograma del Área contenida en cortes -Tamaño Real	93
Figura 67: Histograma del Tiempo de fabricación (corte) del prototipo	94
Figura 68: Histograma del Tiempo de ensamblado del prototipo	96
Figura 69: Histograma del porcentaje de desperdicio de material por corte	97
Figura 70: Gráfico de barras de la portabilidad del prototipo para su montaje.....	99
Figura 71: Gráfico de barras de la calificación del prototipo como mobiliario público	100
Figura 72: Gráfico de barras de la clasificación del prototipo en función al clima	101
Figura 73: Gráfico de barras de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas	103
Figura 74: Gráfico de barras de la Calificación de la forma del prototipo según su función	104
Figura 75: Gráfico de Barras de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez.....	105
Figura 76: Gráfico de Resumen Datos Cuantitativos de la muestra	107
Figura 77: Gráfico de Porcentajes de Desperdicio por corte	107
Figura 78: Prototipo seleccionado B-4	109
Figura 79: Planta de Módulo Informático.....	112

Figura 80: Corte arquitectónico del Módulo Informático	113
Figura 81: Elevación Frontal del Módulo Informático	114
Figura 82: Elevación Lateral del Módulo Informático.....	114
Figura 83: Corrección de puntos críticos en piezas.....	115
Figura 84: Piezas con encaje simple y doble	116
Figura 85: Pieza con encajes regulares y encajes mejorados.....	117
Figura 86: Paso 1 del ensamblado.....	117
Figura 87: Paso 2 del ensamblado.....	118
Figura 88: Paso 3 del ensamblado.....	118
Figura 89: Paso 4 del ensamblado.....	119
Figura 90: Paso 5 del ensamblado.....	119
Figura 91: Paso 6 del ensamblado.....	120
Figura 92: Paso 7 del ensamblado.....	120
Figura 93: Paso 8 del ensamblado.....	121
Figura 94: Paso 9 del ensamblado.....	121
Figura 95: Paso 10 del ensamblado.....	122
Figura 96: Paso 11 del ensamblado.....	122
Figura 97: Paso 12 del ensamblado.....	123
Figura 98: Paso 13 del ensamblado.....	123
Figura 99: Paso 14 del ensamblado.....	124
Figura 100: Paso 15 del ensamblado.....	124
Figura 101: Paso 16 del ensamblado.....	125
Figura 102: Paso 17 del ensamblado.....	125
Figura 103: Prototipo armado	126
Figura 104: Paso 18 del ensamblado.....	126
Figura 105: Paso 19 del ensamblado.....	127
Figura 106: Cobertura Instalada	127
Figura 107: Módulo con ensamblado finalizado	128
Figura 108: Prototipo del módulo informático seleccionado (escala 1/5).....	128
Figura 109: Detalles del encaje a presión entre piezas	129
Figura 110: Detalle de ensamble de plataforma para PC.....	130
Figura 111: Piezas diseñadas para el paso del cable eléctrico	130
Figura 112: Paso del cable eléctrico a través de las piezas	131
Figura 113: Vista de la conexión cable a caja para tomacorriente	132
Figura 114: Equipamiento para el módulo informático	132
Figura 115: Ubicación del prototipo B3	133
Figura 116: Ubicación del prototipo A2	133
Figura 117: Ubicación del prototipo B0	134
Figura 118: Ubicación del prototipo C1	134
Figura 119: Ubicación del prototipo A1	135
Figura 120: Ubicación del prototipo C2	135
Figura 121: Ubicación del prototipo B1	136
Figura 122: Ubicación del prototipo B2	136
Figura 123: Ubicación del prototipo B5	137
Figura 124: Ubicación 1 propuesta para el módulo informático.....	138
Figura 125: Fotomontaje de la ubicación 1 del módulo informático, de noche	139

Figura 126: Fotomontaje de la ubicación 1 del módulo informático, de día	139
Figura 127: Ubicación 2 propuesta para el módulo informático.....	140
Figura 128: Fotomontaje de la ubicación 2 del módulo informático	140
Figura 129: Fotomontaje de la ubicación 3 del módulo informático	141
Figura 130: Fotomontaje de la ubicación 4 del módulo informático	141
Figura 131: Fotomontaje de la ubicación 5 del módulo informático.....	142
Figura 132: Render del módulo informático	142
Figura 133: Plano con las 5 ubicaciones propuestas para el módulo	143
Figura 134: Resumen del proceso de fabricación digital en la arquitectura.....	144
Figura 135: Proceso de ensamblado del prototipo seleccionado a escala 1/5	145
Figura 136: Fotografías del prototipo final ensamblado.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticos del Área del Prototipo.....	82
Tabla 2: Frecuencias del Area del prototipo.....	83
Tabla 3: Estadísticos de la Altura del Prototipo.....	84
Tabla 4: Frecuencia de la Altura del prototipo.....	84
Tabla 5: Histograma de la Altura del Prototipo.....	84
Tabla 6: Estadísticos de la Altura del Prototipo.....	85
Tabla 7: Frecuencia del Peso del prototipo Real.....	85
Tabla 8: Estadísticos del Número de planos en el eje X.....	86
Tabla 9: Frecuencias del Número de planos en el eje X.....	87
Tabla 10: Histograma del Número de planos en el eje X.....	87
Tabla 11: Estadísticos del Número de planos en el eje Y.....	88
Tabla 12: Frecuencias del Número de planos en el eje Y.....	88
Tabla 13: Estadísticos de la Separación entre planos.....	89
Tabla 14: Frecuencias de la Separación entre planos (cm).....	89
Tabla 15: Estadísticos de la cantidad de uniones entre piezas.....	90
Tabla 16: Frecuencias del Número de uniones entre piezas del prototipo.....	91
Tabla 17: Estadísticos del área contenida en cortes – Tamaño Real.....	92
Tabla 18: Frecuencias del Área contenida en cortes -Tamaño Real.....	92
Tabla 19: Estadísticos del tiempo de fabricación (corte) del prototipo.....	93
Tabla 20: Frecuencias del Tiempo de fabricación (corte) del prototipo.....	94
Tabla 21: Estadísticos del Tiempo de ensamblado del prototipo.....	95
Tabla 22: Frecuencias del Tiempo de ensamblado del prototipo.....	95
Tabla 23: Estadísticos del porcentaje de desperdicio de material por corte.....	97
Tabla 24: Frecuencias del porcentaje de desperdicio de material por corte.....	97
Tabla 25: Estadísticos de la portabilidad del prototipo para su montaje.....	98
Tabla 26: Frecuencias de la portabilidad del prototipo para su montaje.....	98
Tabla 27: Estadísticos de la calificación del prototipo como mobiliario público.....	99
Tabla 28: Frecuencias de la calificación del prototipo como mobiliario público.....	100
Tabla 29: Estadísticos de la clasificación del prototipo en función al clima.....	101
Tabla 30: Frecuencias de la clasificación del prototipo en función al clima.....	101
Tabla 31: Estadísticos de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas.....	102
Tabla 32: Frecuencias de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas.....	102
Tabla 33: Estadísticos de la Calificación de la forma del prototipo según su función.....	103
Tabla 34: Frecuencias de la Calificación de la forma del prototipo según su función.....	104
Tabla 35: Estadísticos de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez.....	105
Tabla 36: Frecuencias de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez.....	105
Tabla 37: Características del prototipo seleccionado.....	106
Tabla 38: Instrumento de valoración de características cualitativas.....	108
Tabla 39: Características del plywood.....	112

RESUMEN

Plantear espacios arquitectónicos no convencionales es una labor muy complicada si se recurre a sistemas constructivos, materiales y mano de obra tradicionales; los cuales en su mayoría limitan la producción arquitectónica a formas regulares delimitadas por espacios ortogonales. El propósito de esta investigación fue determinar la factibilidad de la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo. Para ello se estudió el concepto de fabricación digital, su influencia en la arquitectura, las técnicas y equipos que materializan diseños digitales complejos, orgánicos y no convencionales. Esto permitió aplicar esta nueva manera de practicar la arquitectura en el diseño de un módulo informático dentro del campus de la Universidad Continental. Como parte de este proceso se construyeron diez prototipos con el soporte del Fab Lab de la Universidad y se procedió a compararlos por sus características físicas, constructivas, formales, funcionales y de estabilidad obtenidas a través de fichas de observación; para determinar un prototipo óptimo para su posterior desarrollo constructivo a mayor profundidad. Así se determinó la factibilidad de diseñar espacios arquitectónicos no convencionales por medio de la fabricación digital; espacios que sean funcionales y constructivamente capaces de materializarse.

Palabras clave: Fabricación Digital, arquitectura no convencional, Fab Lab, seccionado, diseño digital, prototipos, arquitectura efímera, arquitectura portable.

ABSTRACT

To propose non-conventional architectural spaces is a very complicated task if one resorts to traditional constructive systems, materials and manpower; which for the most part limit architectural production to regular forms delimited by orthogonal spaces. The purpose of this research was to determine the feasibility of the digital fabrication of non-conventional, portable and ephemeral architectural spaces inside the Universidad Continental campus in Huancayo. In order to do this, the concept of digital manufacture was studied, its influence on architecture, techniques and equipment that materialize complex, organic and non-conventional digital designs. This allowed to apply this new way of practicing architecture in the design of a module for student attention within the Universidad Continental campus. As part of this process ten prototypes were built with the support of the University Fab Lab and then proceeded to compare the physical, constructive, formal, functional and stability characteristic of the prototypes in order to determine an optimal prototype for further constructive development at greater depth. Thus, the feasibility of designing unconventional architectural spaces through digital fabrication was determined. Spaces that are functionally and constructively capable of materializing.

Keywords: Digital Fabrication, non-conventional architecture, Fab Lab, sectioning, digital design, prototypes, ephemeral architecture, portable architecture

INTRODUCCIÓN

La Arquitectura consiste principalmente de dos procesos, diseñar y construir. Los sistemas constructivos tradicionales nos otorgan poca flexibilidad a la hora de manejar los materiales de edificación y esta rigidez impide plasmar en la realidad una mayor creatividad en la creación de espacios habitables, siendo lo común habitar espacios de formas regulares delimitados por planos ortogonales. La tecnología actual aplicada al diseño arquitectónico nos permite disminuir la brecha entre diseño y construcción. La fabricación digital nos permite convertir diseños en objetos reales, espacios que no podrían replicarse con los procesos constructivos habituales se pueden conseguir debido a la flexibilidad y complejidad que permite alcanzar dicha tecnología.

La Universidad Continental que cuenta con una visión innovadora requiere de espacios no convencionales donde acoger exposiciones, presentaciones, módulos de atención y demás actividades similares que no requieren la rigidez de un ambiente, aula o auditorio común, sino que pueden desarrollarse en espacios más flexibles y que puedan integrarse mejor a los espacios públicos al aire libre. Asimismo, estas actividades se producen en situaciones particulares y por tanto requieren de espacios que puedan armarse y desarmarse con facilidad pudiendo cambiar incluso de ubicación. Por lo tanto, lo no convencional y lo portable hacen que estos espacios sean innovadores y que la interacción entre sus usuarios sea una experiencia diferente, algo adecuado para las actividades que se planean desarrollar en dichos espacios.

Por ello la presente investigación va a permitir determinar la factibilidad de aplicar la fabricación digital en el diseño de espacios arquitectónicos portables para el campus de la Universidad Continental Huancayo. Particularmente esta investigación propone el desarrollo de un módulo informático aplicando técnicas de fabricación digital y llevada a cabo en el Fab Lab de la Universidad Continental. Este módulo permite que los alumnos puedan enterarse de sus horarios y exámenes, cargar sus celulares y poder sentarse, descansar y conversar; siendo que estas actividades se desarrollan actualmente en espacios ortogonales comunes que no brindan originalidad, innovación ni valor estético.

En el capítulo I, se plantea el problema de investigación y se formula tanto el problema general como los problemas específicos. De estos problemas se obtienen los objetivos de

la investigación generales y específicos. Después se describe la justificación desde cuatro enfoques: teórico, práctico, metodológico y social. El capítulo finaliza con las hipótesis generales y específicas y las variables de la investigación.

El capítulo II denominado marco teórico presenta los antecedentes de la investigación, nos muestra los aportes obtenidos de tesis y artículos científicos anteriores para la presente investigación. Seguidamente se presentan las bases teóricas de las dos variables de la investigación, la fabricación digital y el diseño de espacios arquitectónicos portables y efímeros. Por último se presenta definición de términos básicos.

El capítulo III metodología presenta inicialmente los métodos de la investigación tanto general como específicos y los alcances de la investigación. A continuación se detalla el diseño de la investigación y la población y muestra de la misma. Finalmente se presentan las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos.

El capítulo IV denominado proceso de diseño y materialización de los prototipos detalla paso a paso como se llegó a la producción de los 10 prototipos. Inicia con el proceso de diseño el cual empieza con procesos tradicionales como son los bocetos y maquetas para luego trasladar esto a un diseño digital aplicando la técnica del seccionado de la fabricación digital. Después se procede a la materialización de los 10 prototipos con el soporte del Fab Lab y para culminar se ensambla manualmente las piezas producidas en la cortadora láser.

El capítulo V, resultados y discusión, presenta los resultados del tratamiento y análisis de la información obtenida a través de fichas de observación. Se desarrollan tablas y figuras que describen las características cuantitativas y cualitativas de los 10 prototipos. La discusión de resultados nos muestra un resumen de los datos obtenidos y determina cuál de los prototipos es el óptimo para su posterior desarrollo constructivo a mayor profundidad.

Finalmente el capítulo VI, desarrollo del prototipo seleccionado, presenta detalles para la construcción del prototipo que presenta las mejores prestaciones. Se determina los materiales y equipos a usarse, los planos arquitectónicos que nos muestran los espacios obtenidos, así como el proceso de ensamblado de las piezas. Seguidamente se presentan detalles constructivos, de instalación eléctrica y el equipamiento a usarse. Finalmente se propone una ubicación dentro del campus y se resume el proceso seguido desde la idea de diseño hasta la construcción.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Los procesos actuales de la construcción son considerados convencionales y nos permitieron construir todo tipo de estructuras, pero cuando nos proponemos construir estructuras no convencionales que estén diseñados basados en la generación de patrones digitales y cuya concepción formal provienen desde un proceso de diseño basado en el uso de ordenadores y software todas estas nuevas técnicas constructivas se ven afectadas al no contar con herramientas de fabricación que puedan materializar estas estructuras. Durante un largo periodo la arquitectura se ha limitado a desarrollar el diseño arquitectónico en función del uso del material y las posibilidades de construcción dependiendo de la mano de obra. Debido a esto las formas complejas se ven limitadas, como por ejemplo lograr cortes en madera que repliquen ángulos en tres dimensiones es algo complicado para constructores que solo usan herramientas manuales al igual que lograr uniones espaciales en acero cuya posición no se encuentre alineada en ninguno de los ejes cartesianos.

Por tal razón proponer espacios arquitectónicos no convencionales es una tarea muy complicada si hablamos de construcciones tradicionales y está limitado al uso solo de materiales de manera convencionales y a la mano de obra que pueda construirlo eso dificulta mucho el proceso constructivo. Conjugando estos

conceptos previos se suma la necesidad de lograr construir espacios portables, espacios que puedan armarse y desarmarse cuando se requiera, que sean estructuras efímeras y que puedan contar con diversas partes articulares que puedan tener la flexibilidad de facilitar ensambles y lograr por esta misma espacios no convencionales que puedan ser parte de los espacios efímeros que la Universidad Continental utiliza en sus exposiciones, presentaciones, promociones, o módulos de atención en las cuales solo se presentan carpas u otras estructuras convencionales sin mayor creatividad e innovación adicional.

Por lo tanto el problema percibido vendría a ser la falta de espacios arquitectónicos innovadores dentro de la Universidad Continental – Huancayo. Aunque cabe resaltar que este problema se extiende a nuestra ciudad pues no se aprecia arquitectura de este tipo en espacios públicos ni privados. Esto demuestra lo poco que se ha investigado en cuanto a técnicas innovadoras en la arquitectura de nuestra ciudad. Como arquitectos es necesario descubrir nuevas formas de practicar arquitectura y la fabricación digital puede colaborar a materializar ideas que antes parecían poco menos que imposibles de realizar. El propósito de la investigación es precisamente la aplicación de la fabricación digital en la producción de espacios arquitectónicos portables y efímeros.

1.1.2 Formulación del problema

A) Problema general

¿Sera factible la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros para el campus de la Universidad Continental en Huancayo en el 2017?

B) Problemas específicos

- ¿Sera factible diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017?
- ¿Sera factible aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017?
- ¿Sera factible proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros por medio de la fabricación digital en el campus

de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Ante la problemática presentada se plantea el objetivo principal, que es el motor que guiará el trabajo de investigación:

Determinar la factibilidad de la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017

1.2.2 Objetivos específicos

También se plantea los siguientes objetivos específicos para orientar la investigación:

- Determinar la factibilidad de diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.
- Determinar la factibilidad de aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017.
- Determinar la factibilidad de proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros por medio de la fabricación digital, en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales.

1.3 Justificación y delimitación de la investigación

1.3.1 Justificación teórica

Uno de los objetivos bajo los que se sustenta la fabricación digital es la democratización del conocimiento, el brindar las herramientas digitales y físicas para poder convertir a un consumista en un productor. Esto teóricamente según

varios autores, tiene la potencialidad de originar una tercera revolución industrial, es decir, pasar de la producción en masa a la personalización en masa a través de los laboratorios locales donde se difunde la fabricación digital, los llamados Fab Labs.

Es así que esta investigación pretende contrastar como es que esta nueva forma de concebir la materialización de una idea se presenta en la realidad, para lo cual se utilizarán las técnicas innovadoras de la fabricación digital en el diseño y construcción de espacios arquitectónicos portables. Esto permitirá observar y analizar los cambios que se producen con respecto a la manera tradicional de construir, que es un proceso más lineal donde diseño y construcción muchas veces no involucran a los mismos actores. A diferencia de la retroalimentación circular entre diseño y construcción que permite aplicar la fabricación digital.

La presente investigación busca reconocer y validar los conceptos teóricos bajo los cuales se fundamenta la aparición de esta nueva forma de producir arquitectura. La aplicación de este nuevo proceso de diseño y fabricación permitirá evaluar su potencial real y las mejoras se pueden implementar en el proceso llevado a cabo en el Fab Lab Continental.

1.3.2 Justificación practica

La arquitectura efímera, portable es normalmente una estructura ligera construida en un espacio abierto con el propósito de exhibir tanto un contenido interior como su construcción en sí. La característica más importante de la arquitectura de este tipo es su carácter temporal, la cual libera a la construcción de limitantes de diseño y abre paso al experimento. En estas construcciones, el arquitecto, tiene la oportunidad de alejarse del terreno tradicional e imaginar más allá, probar nuevas técnicas y tecnologías e incluso indagar en las repercusiones sociales de la disciplina a una escala de prototipo.

La arquitectura efímera permite expresar valores como la innovación y creatividad que forman parte de la Universidad Continental. Aun así, se da el caso que la aplicación de este tipo de infraestructuras modernas no se realiza dentro de nuestro campus. Este tipo de espacios utilizados para exposiciones, presentaciones, mobiliarios para dar descanso, sombra, que acogen actividades e interacciones sociales en las áreas verdes de la universidad han sido resueltos de la madera tradicional mediante carpas, toldos y similares.

La fabricación digital permite la elaboración de formas nada convencionales que serían muy difíciles de alcanzar a diseñar con los métodos tradicionales y mucho menos construirlas con los materiales y sistemas constructivos comunes. De esta manera esta investigación contribuye con la realización de estos espacios que pueden ayudar a transmitir los valores de la Universidad Continental. Asimismo, contribuyen con espacios que aporten a las interacciones sociales dentro del campus.

1.3.3 Justificación Metodológica

La metodología innovadora que conlleva la aplicación de la fabricación digital ya ha sido aplicada y desde hace décadas por otros campos dentro de la manufactura como es la industria automovilística y la aeronáutica, entre otras. Su aplicación dentro de la arquitectura es reciente, pero ha servido para cuestionar la metodología convencional a la hora de abordar la solución para el desarrollo de infraestructuras. Aun así cabe resaltar que algunos de los procesos para el diseño siguen siendo los mismos. La forma de construir, en cambio, es completamente diferente

Esta metodología parte de un concepto que se va desarrollando por medio de bocetos que traducidos a un modelo digital, a través de cualquier software de los tantos ahora disponibles, conduce a un diseño que puede ser evaluado físicamente a través de un prototipo llevado a cabo con herramientas de fabricación digital. La diferencia principal con la metodología tradicional es que el diseñador debe pensar como constructor durante toda la etapa de diseño. Es decir, debe resolver problemas que antes se resolvían en el camino, como lo son los materiales a utilizarse y sus características, el sistema a emplearse para la construcción, los detalles constructivos en uniones entre los diferentes componentes arquitectónicos, la aplicación del material o materiales a utilizar y algo que antes no se veía, que herramienta de fabricación digital utilizare.

Luego de esto se procede a evaluar y mejorar el diseño guiándose de los prototipos a escala que se consideren necesarios, los cuales ya consideran todos los detalles pero a una menor escala. Con el diseño final, se procede a traducir el lenguaje digital del modelo al lenguaje que maneje el equipo que realizará la fabricación digital, es por eso que es necesario definir los materiales, detalles y equipos que se utilizaran en la construcción final.

Es así que a través de la aplicación de esta nueva metodología en nuestro contexto temporal y espacial, se puede llegar a generar un método confiable y válido para desarrollar este tipo de infraestructuras en nuestra realidad. Futuras investigaciones pueden nutrirse de este estudio para mejorar, corregir y adaptar la metodología aplicada en sus propios contextos.

1.3.4 Justificación Social

La ideología detrás de la fabricación digital, la cual generó los Fab Labs en los cuales se desarrolla esta tecnología, promueve la descentralización del conocimiento y la producción en cualquier campo de la ciencia. Es decir, uno de los objetivos de los Fab Labs es acercar la fabricación digital a las comunidades de manera abierta. De esta forma se puede compartir, mejorar y producir elementos que le sirvan a la sociedad misma, según las necesidades de cada comunidad.

Esta investigación pretende demostrar asimismo como desde la misma universidad y a través del Fab Lab de la misma se pueden desarrollar construcciones que pueden materializarse y que pueden beneficiar a la comunidad académica en este caso. De igual forma esta contribución puede extenderse a solucionar problemas espaciales, creativos dentro de nuestra ciudad. Esta nueva forma de hacer arquitectura permite un sinnúmero de posibilidades en cuanto al diseño y especialmente permite realizar las nuevas propuestas innovadoras desde el aspecto constructivo. Las posibilidades se multiplican para la resolución de espacios más osados y creativos.

1.3.5 Delimitación de la investigación

Los espacios arquitectónicos que pueden producirse con la fabricación digital son numerosos, por lo que para delimitarlo se propone elaborar un mobiliario público multifuncional dentro del campus de la Universidad Continental en Huancayo. Esto permitirá que la investigación se centralice principalmente en responder el problema de investigación y las variables que este engloba. La investigación pretende introducir una nueva forma de producir arquitectura, describir los procesos que esto conlleva y poner en práctica tanto el diseño como la construcción de prototipos a escala.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis general

Es factible la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Es factible diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.
- Es factible aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.
- Es factible proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efímeros, por medio de la fabricación digital, en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales.

1.4.3 Variables

En el problema de investigación se ha identificado dos variables:

1.4.3.1 Variable independiente: fabricación digital

Variable destinada a interactuar con todas sus diferentes posibilidades tecnológicas para la construcción de diferentes formas espaciales, mediante las técnicas de fabricación digital.

1.4.3.2 Variable dependiente: diseño de espacios arquitectónicos portables y efímeros

Variable destinada a interactuar con las distintas posibilidades de construcción en función de las posibilidades constructivas, necesarias para que un espacio pueda ser diseñado desde el punto de vista portable y arquitectónico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

(KOLAREVIC, 2001) El artículo científico de Kolarevic que tiene como título “Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age” examina los avances tecnológicos digitales en diseño y fabricación y las oportunidades nunca antes vistas que crearon para el diseño arquitectónico y la construcción. También aborda el desarrollo de sistemas constructivos repetitivos no estandarizados a través de la variación controlada digitalmente y la diferenciación en serie, es decir, personalización en masa, en contraste con los paradigmas de la era industrial de prefabricación y producción en masa. El presente trabajo aporta al concluir que los cambios de paradigmas que se encuentran en juego actualmente en el diseño arquitectónico contemporáneo son fundamentales e inevitables, desplazando muchas de las convenciones ya establecidas.

En el diseño digital, las prácticas del pasado de pronto parecen ser irracionales. Modelos de diseño que sean capaces de transformación consistente, continua y dinámica están remplazando las normas estáticas de los procesos convencionales. Las relaciones predecibles entre el diseño y las representaciones se abandonan en favor de las complejidades generadas computacionalmente. Las geometrías topológicas y curvilíneas se producen con la misma facilidad que las geometrías euclidianas de formas planas y cilíndricas, esféricas o cónicas. El plano ya no "genera" el diseño; las secciones arquitectónicas alcanzan un papel puramente

analítico. Las rejillas, las repeticiones y las simetrías pierden su razón de ser anterior, ya que la variabilidad infinita se hace tan factible como la modularidad y como la personalización masiva ofrece alternativas a la producción en masa.

(BASTIAENS, y otros, 2008) En actas de conferencia, el estudio que tiene por título “Efficient use of rapid prototyping in the design process” analizó diversos proyectos arquitectónicos desarrollados por estudiantes de último año de la Universidad West-Flanders e investigó el uso de la impresión 3D a través del prototipado rápido durante el proceso de diseño y no solo para presentación final del diseño como generalmente se usa. La investigación aporta al mostrar los resultados y experiencias de este proceso. La mayoría de equipos de estudiantes decidió usar el prototipado rápido solo al final surgiendo problemas propios de la falta de desarrollo del modelo ya que los modelos 3D solo se usaron para exploración y visualización. Muros se superponían, espacios no cerraban, eventualmente la mayoría de partes del diseño se tuvo que remodelar para su posterior impresión. Usar prototipos 3D puede mejorar el diseño arquitectónico. Ayuda a entender mejor los conceptos, volúmenes, construcción,...aun así es necesario desarrollar una metodología para alcanzar un uso eficiente del prototipado rápido como lo hacen las grandes oficinas de arquitectura.

(SASS, 2006) El artículo científico de Sass, que lleva por título “Synthesis of design production with integrated digital fabrication” tiene como objetivo demostrar el vínculo existente entre la producción de un diseño arquitectónico digital y su realización en un objeto físico a través de la fabricación digital. Este tipo de fabricación permite la producción de modelos a escala para revisión y mejoras del diseño, pero además permite producir componentes de edificios a escala real. Este nuevo método de producción con modelos físicos y virtuales a través de los procesos de diseño y construcción disminuyen la necesidad de planos arquitectónicos como catalizadores para la producción de diseños.

El presente trabajo aporta la metodología novedosa que facilita la fabricación del diseño del concepto a la construcción a través de una variedad de escalas producidos por 2 equipos, uno para diseño y otro para construcción. Manufacturar un diseño es un proceso con muchas etapas que empieza con un modelo digital de geometría solida constructiva (CSG) y termina con una colección de piezas 2D para ser cortadas. Estas piezas 2D se dividen en 2 tipos: elementos, como componentes

internos para ensamblado y superficies constructivas, como superficies de revestimiento de los elementos. En primer lugar se creó una maqueta a escala 1:12 con una cortadora laser y cartón ensamblado a mano para evaluación del diseño y realizar las mejoras necesarias. Para materializar este diseño a escala real y con materiales adecuados se utilizó una maquina CNC y planchas de plywood, ensamblados con encajes a presión logrados con martillos de goma.

De este modo se logró vincular 2 dispositivos CAD/CAM que trabajan a diversas escalas con una descripción CAD. Este método de diseño y construcción no requiere de planos y garantiza la constructibilidad desde modelos a escala físicos y reales. Esta forma de trabajo abre la posibilidad de modelos que reflejan mejor la función, estructura y comportamiento como restricciones realistas en el diseño ya que se relacionan con el mundo físico. Lo que es más importante, las investigaciones de este tipo permiten al diseñador considerar procesos posteriores tales como materiales y sistemas constructivos temprano en el proceso de diseño.

(SASS, y otros, 2006) La publicación titulada: “The Instant House: A Model of Design Production with Digital Fabrication” presenta como objetivo describir la relación de la fabricación digital con los materiales y normas para el diseño y la construcción. Se presenta un caso de estudio en el que se presenta el proceso de construcción de una casa pequeña (The Instant House) in situ desde un modelo digital inicial en etapas secuenciales. Además la investigación de este caso expresa las posibilidades para construcción con variación en el diseño a través de la fabricación digital. El presente trabajo aporta una metodología que demuestra un sistema de producción que puede ser usado para transformar una forma de diseño virtual en una representación para la fabricación digital basada en normas constructivas. El caso de estudio muestra las posibilidades de la construcción in situ exclusivamente con un material (plywood) y pocas herramientas. Se necesita un sistema de producción generativo efectivo que soporte las siguientes operaciones:

1. Subdivisión de geometrías a componentes construibles como formas 2D en espacio 3D.
2. Traducción de geometrías 2D a posiciones horizontales para la fabricación digital.

3. Geometrías optimizadas como trayectorias de herramientas 2D por número de pieza basado en el orden para el ensamblaje.

(PATEL, y otros, 2015) El trabajo investigativo titulado: “Urban prototypes: plywood architecture” tiene por objetivo investigar como las tecnologías informáticas pueden utilizarse eficazmente para democratizar la producción de componentes de construcción a través de un diseño simple para construir un flujo de trabajo, materiales de construcción estandarizados y fabricación a través de máquinas CNC. Los productos de planchas bidimensionales tales como el plywood pueden ser manipulados fácilmente para crear un gran número de formas tridimensionales. La tecnología CNC básica permitió a los investigadores diseñar y fabricar estructuras y artefactos complejos convencionales sin demasiada formación formal en fabricación. Sin embargo, los proyectos requieren de una gran cantidad de preparación, creación de prototipos y pensamiento innovador para superar los retos presupuestarios y materiales.

La contribución realizada por esta publicación está en la realimentación obtenida al analizar proyectos de fabricación digital realizados anteriormente por otras iniciativas, así como las realizadas por los investigadores en mención. El proyecto de investigación EDFAB realizó una prueba de concepto de 10m² a fin de que se adhiriera al cumplimiento del código regulador. Los resultados arrojaron que se requirió que los diseñadores trabajen en estrecha colaboración con todos los consultores, incluidos los ingenieros y demás expertos involucrados en la producción. Esto permitió que el código o norma de la construcción se codificara en los parámetros de diseño. El emparejamiento de las tecnologías digitales y del material de estantería permite que el prototipado asequible suceda. A medida que se concibieron varios prototipos, se introdujeron nuevos datos en modelos digitales para permitir que el sistema de construcción evolucionara.

La construcción final desarrollada es similar al “Instant House”, el prototipo está dividido en 3 secciones: Los paneles modulares estructurales primarios, la envoltura externa secundaria y el revestimiento interior terciario y los accesorios. Para unir y entrelazar la colección de paneles, uniones “tipo mariposa” se martillan en su lugar para formar una estructura bien reforzada. El proceso CAD/CAM permitió que todos los componentes fueran fresados en la máquina CNC a través de un proceso de producción simple pero efectivo. Estos componentes se ensamblaron para formar

la estructura principal. La adopción de un flujo de trabajo radicalmente repensado, que involucró múltiples prototipos, proporcionó un medio para el discurso entre diseñadores, proveedores de materiales y otros consultores. En última instancia, guio hacia la construcción del módulo de 10m² con el fin de probar la relación entre la fabricación digital y la construcción social. Cabe acotar que el prototipo necesita de aislamiento térmico junto a la colocación de revestimientos interiores para llegar a ser habitable.

(STRALEN, y otros, 2015) La investigación que lleva por título: “Woka Hacia un diseño dialógico de ciudades futuras” tiene por objetivo desarrollar el concepto de involucrar al usuario en el desarrollo de su vivienda a través de un sistema de construcción de código abierto llamado Woka, esto es de vital importancia especialmente en lugares donde hay escasez de viviendas y no hay recursos suficientes para lograr que el arquitecto diseñe cada casa en dialogo con el futuro habitante de dicho hogar. La digitalización de los procesos de diseño arquitectónico asegura una mayor accesibilidad a todos los implicados en el proceso, desde el diseñador hasta el usuario. Por lo tanto, un acercamiento más preocupado hacia las relaciones de los usuarios con el proceso de diseño arquitectónico, puede ser aún más rico en el contexto de la fabricación digital, lo que facilita la distancia de un enfoque más formalista que reduce el número de problemas específicos existentes en las ciudades.

La presente investigación aporta con una metodología que se basa en la asociación de la teoría y la práctica en un proceso de investigación heurística. El autor cita a TILL quien comenta que la arquitectura no puede resumirse en una idea o concepto que puede ser investigado y diseccionado a través de métodos científicos tradicionales basados en la causalidad (TILL, 2009). Por lo tanto, lo que se presenta en este documento no es un producto terminado, sino una investigación abierta y continua que se basa en ciclos de diseño, prototipado y evaluación. Woka no es una casa terminada, sino un sistema de construcción abierto basado en diseño paramétrico y fabricación digital destinado a desencadenar el proceso de diseño y construcción.

La idea es generar una capa interna que se despliegue inmediatamente combinada con una capa externa más duradera que se pueda agregar más adelante con los sistemas constructivos convencionales disponibles en el sitio. De esta manera la

gente puede crear una propuesta inicial para responder a sus necesidades inmediatas, cambiar y adaptar su diseño en el sitio por reconfigurar las partes y utilizar su propia cultura de construcción y conocimiento colectivo para terminar la construcción. El diseño digital se realizó en Sketchup. El proceso de fabricación se basa en un cortador CNC y consta de una estructura de nervadura construida de plywood revestido con paneles OSB. El producto es inmediatamente desplegable, se puede montar, desmontar y transportar fácilmente.

La posibilidad de personalizar las secciones y uniones y de fabricarlas rápidamente con alta calidad permite al habitante una experiencia de vida diferente ya que los módulos pueden ser utilizados en diversas situaciones y posibles escenarios. Se puede utilizar para construir una casa, un anexo de una casa existente o incluso una oficina o casa de jardín. La naturaleza polivalente del sistema y su bajo coste permite que se produzcan muchas soluciones y se adapte a la realidad de cada una. Woka puede asociarse al concepto de diseño abierto que es definido por Atkinson como "la creación colaborativa de artefactos por parte de un grupo disperso de individuos de otro modo no relacionados y de producción individualizada" (ATKINSON, 2011).

Woka se desarrolló como un proceso de diseño dialógico que permite a los autoconstructores actuar de manera más autónoma, ampliando el papel tradicional de la práctica del diseño y la forma en que se crean los edificios. La manera de producir la arquitectura, así como la obra del arquitecto, se modifican sensiblemente. El papel de los diseñadores cambia de la creación de diseños a meta diseños que sólo se materializan a través del diálogo con el usuario.

(GUTIERREZ DE RUEDA GARCIA, y otros, 2012) El artículo científico de Gutiérrez de Rueda García y otros investigadores que tiene por título: "Incorporación del diseño y fabricación digital a la arquitectura: docencia y práctica profesional" tiene por objetivo investigar cuales fueron las claves que dieron pie en esos años a transformaciones teórico-prácticas de los despachos y escuelas de arquitectura en la forma en que pensamos, diseñamos y producimos arquitectura y, por otro lado, poner en práctica un modelo de estudio para la arquitectura, al servicio de estudiantes, arquitectos, académicos, investigadores y otros profesionales donde se permita reconceptualizar la arquitectura desde el uso y desarrollo de tecnología computacional y de fabricación digital aplicada al diseño arquitectónico. La

investigación en mención desarrollada en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura contribuye con un método para aproximarse al hecho arquitectónico ocasionado por la transformación derivada del uso de la fabricación digital. La finalidad es crear un sistema integral que incluya el uso habitual de estas tecnologías.

La aproximación teórica-reflexiva se genera a través de asignaturas de formación continua y cursos de formación específica avanzada, como la desarrollada en Fab Labs. Para la aproximación a la transferencia tecnológica se ha establecido una estrategia de colaboración con diferentes nodos industriales, con el fin de difundir y asesorar al sector productivo sobre estas nuevas tecnologías, así como testear la viabilidad real de dichos sistemas. En tercer lugar la aproximación al proyecto arquitectónico permite la aplicación de procesos digitales en la práctica del ejercicio proyectual, donde se tratan temas de diseño y lógicas de construcción junto con el trabajo colaborativo de agentes de la edificación (estructuras, instalaciones, costes, planificación de obra, diseño...etc.).

Este modelo, intenta imitar los trabajos colaborativos BIM (Building Information Modeling) el cual centra la colaboración profesional y la transferencia de TICs en su eje principal para alcanzar eficiencia y precisión en el diseño y construcción. Finalmente, la aproximación a la docencia explora el potencial de aplicación de las tecnologías CAD/CAM en la docencia regular mediante la inclusión de un ejercicio teórico-práctico. De este modo, no solo se ha introducido como práctica habitual, sino que además se está explorando el potencial de estos nuevos sistemas de diseño/aprendizaje para crear redes de conocimiento entre distintas disciplinas arquitectónicas.

De Marco Werner realizó la tesis para obtener el grado de maestro en Tecnología de la Arquitectura en la Universidad Politécnica de Cataluña, lleva por título: "Transformable and transportable architecture: analysis of buildings components and strategies for project design" (DE MARCO WERNER, 2013). Este trabajo tiene por objetivo una mejor comprensión del diseño y las necesidades técnicas de la arquitectura transportable y transformable, esta investigación trabaja con la importancia del conocimiento técnico en la elaboración de un proyecto profesional. También puede ayudar a desarrollar un producto mejor, ya que hay pocos libros

sobre el tema, la investigación se basa en la arquitectura prefabricada y siempre que sea posible adaptable.

El cambio hacia este tipo de arquitectura no se puede imponer a los usuarios y profesionales, pero si el edificio final tiene un diseño atractivo y de alta calidad, el reconocimiento y la percepción de esta arquitectura puede ser mejorado desde barato y desechable hasta lo que debe ser visto como una buena arquitectura basada en los principios de Eficiencia en la forma, peso ligero en los materiales, flexibilidad en el propósito (Kronenburg, 2005). La investigación aporta con una metodología que se basa en investigaciones de revisión de proyectos sobre "arquitectura transformable" y sus variantes. Para alcanzar los objetivos propuestos, la metodología se dividió en 4 momentos:

1- Definición y nomenclatura de la arquitectura transformable: análisis de publicaciones pasadas para llegar a una nomenclatura y clasificación nueva y personales para su uso en esta investigación

2- Criterios de diseño: Se realizó una investigación y análisis para definir los principios de los mecanismos y componentes del movimiento. Si es posible, las especificaciones técnicas estarán relacionadas con cada mecanismo de movimiento.

3- Proyectos Clasificación: los proyectos se buscaron en publicaciones on-line y escritas bajo la delimitación de la investigación, que se clasificarán según criterios de diseño.

4- Análisis de Proyectos: Se realizó una investigación analítica, tratando de definir los logros y fracasos de los proyectos y así ayudar a los futuros profesionales.

La primera y segunda son investigaciones basadas en las publicaciones que se han encontrado sobre el tema. Es un análisis de lo que otros autores han escrito sobre el tema con un punto de vista personal y crítico. Además, la tesis llega a la conclusión de que, en cuanto a arquitectura transformable y transportable, ser capaz de anticipar el proyecto como un todo a lo largo de su ciclo de vida es el objetivo, y las técnicas de prefabricación pueden ser parte de las soluciones. Vinculando la arquitectura transportable con la metodología de trabajo usada por la fabricación digital. La transportabilidad es probablemente el aspecto más

importante de los edificios transformables, que aprovechan al máximo el transporte y reducen al mínimo el espacio vacío dentro de la forma plegada.

Mesa Gallego realizó la tesis para optar al título de arquitecto en la Universidad Buena Ventura, que lleva por título “Arquitectura Portátil: Una Alternativa De Morada Para Los Nómadas Por Desastres” (MESA GALLEGO, 2009), la cual tiene por objetivo proponer la arquitectura portátil como una opción para solucionar la morada de los damnificados por desastres naturales. El trabajo de investigación hace una revisión de varios modelos existentes de arquitectura portátil desarrollados en varias partes del mundo, para llegar a la presentación de un prototipo en estado de desarrollo superficial ya que no es el fin del proyecto, solo es un acercamiento a la viabilidad de lo que acá se plantea, por lo que se elige la arquitectura portátil como el modo indicado para hacerlo. El trabajo aporta con un método de investigación que aborda el proyecto de una manera deductiva-explicativa, ya que primero se recoge y clasifica la información de proyectos referentes anteriores, para luego interpretarla y buscar las herramientas adecuadas de formulación de hipótesis, y finalmente se procede a proponer un modelo básico como prueba de la viabilidad del mismo.

La tesis de Pérez Mendoza que lleva por título: “Arquitectura transportable, transformable y efímera: Container Co-Housing” (PEREZ MENDOZA, 2014) con el fin de optar al título de arquitecto tiene por objetivo plantear un proyecto de vivienda colectiva para nómadas contemporáneos, este proyecto se puede transportar y establecer en cualquier parte, se adapta al lugar escogido y su permanencia es efímera. Hecho de containers, un elemento de fácil movilidad y adaptación con un esqueleto exterior hecho de un material hecho de residuos de madera y botellas plásticas. Este elemento es autosustentable, con su propio generador de energía y colector de agua. Transportable, transformable y efímero sus principales características.

El estudio aporta al mostrar diversos precedentes de estructuras transportables y concluye que crear un elemento transportable y transformable busca llenar la necesidad cambiante del ser humano ya que se debe adaptar a la necesidad de las personas y a la necesidad del momento. Además, a diferencia de los antecedentes ya mostrados, este estudio aborda la arquitectura pasajera que cumple una función más allá de la de servir de un refugio de emergencia. La arquitectura efímera cumple

funciones lúdicas y experimentales también, pero también aspira a canalizar las nuevas ideas sobre el espacio público y la participación social, a medio camino entre la ciudad y la naturaleza.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fabricación Digital

A. Concepto

La fabricación digital es el proceso de traducir un diseño digital desarrollado en una computadora en un objeto físico. Estos procesos son los que utilizan las herramientas controladas por computadora que son los descendientes de la fresadora CNC desarrollada por el MIT en 1952. La parte "digital" de esas herramientas reside en la computadora de control, Los materiales en si son analógicos. (GERSHENFELD, 2012 pág. 50).

Aunque la fabricación por medio de computadoras estaba siendo usada en otras industrias como la automotriz, la aeronáutica entre otras, los primeros intentos de adoptarlas en el diseño arquitectónico, generalmente se consideraban nuevas distracciones en lugar de proposiciones serias para el futuro de la cultura del diseño. En la actualidad nos encontramos en una posición en la que casi todo lo contrario es cierto, casi no podemos entender el proceso de diseño de la arquitectura sin un grado de integración con las tecnologías digitales. La fabricación digital en arquitectura es un fenómeno relativamente reciente, emergiendo en la década de los 90s para convertirse en un aspecto sustancial del debate crítico, la práctica profesional y la educación dentro de la disciplina. Esencialmente, es una subcategoría de Diseño Asistido por Ordenador y Fabricación Asistida por Ordenador (CAD / CAM) ya que utiliza máquinas controladas por computadora como herramientas con las cuales cortar o fabricar piezas. (DUNN, 2012 págs. 14, 20).

El potencial de hacer cosas directamente desde la información de diseño ha precipitado una transformación en las disciplinas de diseño, ya que permite al diseñador comprometerse con todo el proceso desde el concepto hasta el producto final de una manera sin precedentes (DUNN, 2012 pág. 20). De esta manera los procesos en los cuales se resume la arquitectura: diseñar y construir, que hasta

ahora se realizan de manera separada se pueden realizar de forma unificada y sinérgica. La fabricación digital impulsa al diseñador a pensar en detalles de construcción desde que empieza a concebir la idea que dará lugar posteriormente la construcción.

B. Metodología

La metodología aplicada en la fabricación digital a diferencia de las metodologías tradicionales no sigue un proceso lineal, sino que diseño y fabricación se retroalimentan en un proceso circular hasta alcanzar un diseño eficiente, y capaz de ser materializado con equipos propios de estas nuevas tecnologías. Se empieza con el diseño a través de la generación de un modelo digital que luego puede materializarse a escala con equipos innovadores que serán detallados más adelante. Este modelo o maqueta a escala sirve para retroalimentar el diseño y aplicar las mejoras que se consideren necesarias. Una vez que el diseñador está satisfecho con su diseño procede a convertir el lenguaje digital del diseño a un lenguaje que maneje el equipo seleccionado con anticipación para cristalizar su obra. Estos procesos serán detallados a continuación.

B.1. Generación del modelo digital

Antes de pasar a la etapa de fabricación e involucrarse con materiales físicos, se debe entender las diversas formas en que la información digital está compuesta para ser utilizada en una etapa posterior para materializar las cosas. Por lo tanto, primero es necesario describir las diversas geometrías detrás de las tecnologías digitales y contextualizar las nuevas herramientas que permiten al arquitecto generar y comunicar ideas de diseño innovadoras.

El software de diseño asistido por ordenador (CAD) ahora es tan omnipresente en las escuelas y prácticas de arquitectura que rara vez cuestionamos su presencia. Este software ha acelerado el dibujo arquitectónico anteriormente realizado a mano. Para la fabricación digital se requiere de software CAD que trabaje en 3D. Hay dos maneras básicas de hacer formas tridimensionales digitalmente: Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS) y mallas (Meshes). La diferencia clave entre ellos es que los NURBS facilitan superficies lisas y curvas,

mientras que las mallas aproximan estos elementos formales a través de polígonos y subdivisiones. Los proyectos suelen requerir que los diseños se definan en ambos formatos, dependiendo de la etapa del proceso de diseño junto con las aplicaciones de software (DUNN, 2012 pág. 34).

Antes de las tecnologías digitales, las superficies curvas y las formas eran el producto de aproximaciones usando tangentes a arcos circulares y segmentos de línea recta que fueron traducidos de dibujos a la obra. Al liberar al diseñador de las limitaciones del espacio cartesiano, los programas de modelado digital usan típicamente la geometría topológica de curvas y superficies continuas, esta geometría permite describir superficies curvilíneas como NURBS. Las curvas y superficies producidas por NURBS proporcionan un alto grado de control formal y permiten deformar superficies y transferir esta información a máquinas CNC (DUNN, 2012 pág. 40).

El método alternativo para generar esta geometría es mediante el uso de mallas. Las mallas más utilizadas son poligonales o poliédricas. Una malla poligonal puede considerarse como una cuadrícula no estructurada, que permite investigar propiedades adicionales de geometría, forma y topología mediante comandos y manipulaciones. Las mallas pueden incluir lógica booleana, suavizado y simplificación. (DUNN, 2012 pág. 44).

Otro concepto que se debe manejar es el de diseño paramétrico, el cual permite al diseñador definir relaciones entre elementos o grupos de elementos, y asignar valores o expresiones para organizar y controlar esas definiciones. Una vez establecidas las relaciones, el sistema puede funcionar de forma autónoma dentro de sus parámetros y explorar nuevas soluciones que no sean evidentes para el diseñador; y, como el diseño siempre se mantiene coherente con estos parámetros, el diseñador tiene mayor oportunidad de explorarlos sin retrasos que requieren mucho tiempo. Sin embargo, es en la tarea misma de establecer todas las relaciones dentro del sistema paramétrico que se encuentra la principal desventaja ya que consume mucho tiempo (DUNN, 2012 pág. 54).

El modelado paramétrico (también conocido como modelado de restricciones) introduce un cambio fundamental: las partes de un diseño, se relacionan y cambian de forma coordinada. Los diseñadores ya no deben simplemente añadir y borrar. Ahora agregan, borran, relacionan y reparan. El acto

de relacionarse requiere un pensamiento explícito sobre el tipo de relación: ¿es este punto en la línea, o cerca de él? La reparación se produce después de un borrado, cuando las partes que dependen de una parte borrada están relacionadas de nuevo con las partes que quedan. Relacionar y reparar impone cambios fundamentales en los sistemas y el trabajo que se hace con ellos (WOODBURY, 2010 pág. 11).

B.2. Integración del diseño y la fabricación

Una vez obtenido el modelo digital es necesario integrarlo con procesos de fabricación en varias etapas del proceso de diseño, desde conceptos a prototipos realizados a escala real. Precisamente a través de la fabricación de estos prototipos se puede seguir experimentado y mejorando el diseño antes de obtener y fabricar una forma final.

Antes de la fabricación digital la construcción era consecuencia de la fabricación industrial y producción en masa y repetitiva. Para ser viable además la construcción debía ser en su mayoría de geometría simple, limitada y estandarizada ya que la variedad y complejidad lo hacían muy costoso. Con la fabricación digital se introdujo el concepto de personalización en masa ya que en cuanto a costo para una maquina como la fresadora CNC da igual producir objetos similares o únicos. Las técnicas de fabricación digital generalmente encajan en cuatro categorías principales: corte, substracción, adición y formación. Estos procesos son análogos a los procesos tradicionales utilizados en la elaboración de modelos arquitectónicos e incluso el prototipado de tamaño completo, en el que los materiales se trabajan manualmente con herramientas para lograr los resultados deseados (DUNN, 2012 pág. 88).

Quizás el método más accesible y comúnmente aplicado de fabricación digital es "cortar". Hay una gama de diferentes técnicas de corte, pero esencialmente todas permiten la producción de componentes planos utilizando un cabezal de corte que sigue instrucciones proporcionadas por datos de diseño digital para fabricar elementos conformados a partir de materiales laminados. A veces denominado "fabricación bidimensional", las técnicas de corte CAD/CAM suelen estar limitadas por el grosor del material que pueden cortar, lo que genera diferentes tecnologías de corte para diferentes materiales. Rayos láser, arco de plasma y

chorro de agua son todos los tipos de tecnología de corte que permiten aplicaciones específicas (DUNN, 2012 pág. 88).

Los métodos de fabricación que utilizan un proceso sustractivo toman material de un volumen sólido existente, dejando atrás las características y componentes deseados. El exceso de material se retira típicamente a través de un proceso de fresado o enrutamiento. Estas máquinas están disponibles con una gama de cabezales de corte axialmente limitados dependiendo de la tarea requerida. Este método presenta las siguientes ventajas: se pueden utilizar elementos más grandes, hay una mayor variedad de materiales que se pueden usar, la precisión se incrementa pues se trabaja con tolerancias inferiores y estas máquinas son más económicas y rápidas (DUNN, 2012 pág. 89).

En contraste directo con los métodos anteriores, los procesos de fabricación basados en una técnica aditiva construyen lentamente el material en capas en lugar de eliminarlo constantemente. Los datos de cada capa individual se utilizan entonces para dirigir la cabeza de la máquina de fabricación, y el objeto físico se hace a través de un proceso acumulativo de capas. Este proceso permite alcanzar formas más complejas y vacíos internos, además que los dispositivos no requieren de gran preparación para ser manipulados (DUNN, 2012 pág. 89).

C. Tecnología para la fabricación

C.1. Cortadora laser

Las cortadoras láser son adecuadas para su uso con materiales relativamente delgados, generalmente de hasta 20 mm de espesor, pero proporcionan un alto grado de exactitud y cortes limpios, de bordes cuadrados. Además, el corte por láser se puede utilizar con una amplia gama de materiales, incluyendo papel, cartón, plásticos, madera, metales (como aluminio, latón, acero suave e inoxidable) e incluso textiles. La precisión ofrecida por este método permite al diseñador hacer componentes con formas complejas y elementos detallados, incorporando aberturas y patrones, incluso a escalas relativamente pequeñas. Tal grado de complejidad sería muy difícil de alcanzar con herramientas convencionales. El proceso de fabricación del corte por láser es quizá más análogo a los métodos convencionales de modelado físico y prototipado, ya que los

componentes se cortan a partir de un material laminar y luego se ensamblan para formar proposiciones tridimensionales. Esto convierte al equipo en la herramienta ideal para el fabricado de modelos y maquetas a escala a fin de evaluar el diseño y evolucionarlo antes de fabricarlo en tamaño real (DUNN, 2012 págs. 90, 91).

Figura 1: Cortadora Laser GCC, Fab Lab U. Continental



Fuente: Propia

C.2. Maquinas CNC

El proceso CNC en realidad subyace a la mayoría de las tecnologías de fabricación digital, ya que utiliza un sistema informático para generar instrucciones codificadas que a su vez controlan los movimientos de una máquina herramienta. Esta explicación básica oculta un procedimiento complejo en el que el programa CNC coordina una serie de tareas diferentes en un momento dado, incluyendo el control de movimiento, los cambios de herramienta y el funcionamiento del husillo. Aquí comenzamos a encontrar la amplia gama de opciones disponibles para los diseñadores cuando se organiza el movimiento y la operación de la fresadora o la cabeza de enrutamiento. Esta secuencia de funciones de control se conoce como

la "trayectoria de la herramienta", y proporciona un conjunto de instrucciones para la máquina. Estas instrucciones se dividen típicamente en varios comandos primarios, tales como un movimiento rápido, un movimiento controlado en línea recta o arco, una serie de movimientos controlados (resultando en un corte, agujero o perfil), o Configurar la información de la herramienta.

Figura 2: Fresadora CNC cortando plancha de plywood 18mm



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 98

El proceso CNC se aplica para eliminar material de un volumen y fabricar componentes de una manera similar al cincelado, es decir, las formas de material que permanecen en el lecho de la máquina son los componentes de diseño deseados. Diseñadores arquitectónicos, deseosos de lograr geometrías complejas

y estética fluida con precisión y eficiencia, han explotado fácilmente este proceso. (DUNN, 2012 pág. 96)

La fresadora CNC es usada generalmente en metales, mientras que la ruteadora CNC se usa con madera, plástico entre otros materiales de menor dureza. Estos equipos CNC son ideales para la fabricación a escala real de un módulo hecho en plywood u otro material derivado de la madera. Permite alcanzar formas complejas con gran precisión y si el diseño lo considera, las mismas uniones entre las piezas pueden ser realizadas como parte de las mismas, evitando el uso de clavos, tornillos u otras uniones semipermanentes. Esto facilita el armado y desarmado del módulo a diseñar.

Figura 3: Ruteadora CNC de gran tamaño



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 97

C.3. Prototipado rápido

El proceso aditivo más conocido en la fabricación digital es el prototipado rápido, que facilita la producción rápida de objetos de una gama de materiales dependiendo de factores de tiempo, costo y aplicación. El "prototipado rápido" se utiliza a menudo erróneamente como abreviatura de un tipo específico de

fabricación de aditivos, pero es un término genérico dentro del cual se relacionan una familia de diferentes métodos. La coincidencia de los diversos procesos radica en la acumulación gradual de capas bidimensionales incrementales de material para producir un objeto tridimensional. Entre las técnicas de prototipado rápido tenemos, la estereolitografía, fabricación de objetos laminados, el Modelado de deposición por fusión, Sinterización por láser selectiva, entre otros.

Figura 4: Prototipo del Pabellón Radiolaria fabricado con Estereolitografía



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 107

A la fecha, la limitación más significativa de los procesos de prototipado rápido ha sido el tamaño de los objetos que se pueden fabricar. Este factor, aumentado al gasto considerable de máquinas de fabricación aditivas junto con el tiempo relativamente largo requerido para hacer los objetos, ha conducido a un uso razonablemente estrecho en la arquitectura. Su mayor aplicación suele ser durante el proceso de diseño, en el que permiten al diseñador examinar geometrías complejas y curvilíneas en formaciones físicas en lugar de digitales, es decir como maquetas a escala menor para evaluación del diseño (DUNN, 2012 págs. 102, 104).

Figura 5: Maquina Stratasys de Modelado de deposición por fusión



Fuente: Tesis "Digital fabrication in the architectural design process" por Seely, pág. 20

Figura 6: Robótica integrada a ala Impresión 3D



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 113

La fabricación digital tiene un papel cada vez más importante en el proceso de diseño arquitectónico. Estamos viendo cómo el uso de estas máquinas puede alterar los procesos de pensamiento de los diseñadores y los diseños resultantes. Arquitectos, profesores y estudiantes deben ser conscientes de los beneficios y retos de cada método de fabricación digital y decidir cuándo es más apropiado utilizar un método dado. Los diseñadores deben entender completamente todos los aspectos del uso de estas máquinas con el fin de no caer víctima de sus concepciones erróneas (SEELY, 2004 pág. 59).

D. Técnicas aplicadas

Habiendo analizado el proceso requerido para producir un modelo digital y las herramientas de fabricación digital que vinculadas al modelo digital pueden hacer realidad la variedad de diseños, es necesario discutir como las técnicas de fabricación controlados digitalmente se pueden utilizar como herramientas generativas y de representación, y como se aplican para desarrollar sistemas inteligentes para el diseñador. Es decir, la implementación estratégica de herramientas y técnicas que permitan maximizar el diseño generado y los métodos de fabricación integrados para la arquitectura.

Cambios en el proceso de diseño arquitectónico surgen del uso que hace el arquitecto de la fabricación digital para hacer representaciones físicas de los diseños arquitectónicos. Los procesos utilizados cuando uno utiliza estas máquinas fueron desarrollados originalmente para profesiones distintas de la arquitectura, por lo que el uso de máquinas de fabricación digital cambia la forma en la que trabajan los arquitectos (SEELY, 2004 pág. 51).

El hecho de poder vincular el diseño y la construcción hace que la práctica de la arquitectura ya no sea vista como un proceso lineal como lo es en las prácticas constructivas tradicionales, sino que el diseño influye en la construcción y viceversa. Como lo explica Branco Kolarevic: El papel generativo de las nuevas técnicas digitales se logra a través de la interpretación y manipulación simultánea del diseñador de una construcción digital en un discurso complejo que se reconstituye continuamente – un discurso "auto-reflexivo" en el que los gráficos dan forma activamente al proceso de diseño del arquitecto (KOLAREVIC, 2003 pág. 42). Asimismo Caneparo explica que la oportunidad de utilizar un modelo digital

directamente en el contexto de la producción realmente fortalece los vínculos tradicionales entre el diseño y la construcción (CANEPARO, 2014 pág. 77).

La elección a seguir para la fabricación se debe definir en el proceso de diseño pues esta decisión influye en tal proceso. Con esto en mente, es útil considerar la aplicación más apropiada al principio del proceso de diseño. En lugar de ver las herramientas de diseño y las técnicas de fabricación como etapas separadas en un flujo de trabajo digital, el herramental reconoce la interdependencia de estos modos y rastrea el movimiento entre este estado de arquitectura potencial y manifiesta. Este movimiento ocurre en un espacio dinámico de intercambio donde los algoritmos y la evolución de la diversidad de figuras que se cristalizan a partir de ellos están en constante comunicación y formación con presiones externas (DUNN, 2012 pág. 121).

Las diferentes técnicas a la hora de elegir la herramienta adecuada son los que se detallan a continuación:

D.1. Contorneado

Muchos de los materiales utilizados en la producción de arquitectura se procesan en o desde el formato de una plancha. El contorno cambia esta materialidad física usando una técnica substractiva incremental, no disímil al cincelado, para proporcionar características tridimensionales a partir de lo que aparentemente es un material laminar "plano". Específicamente, la implementación del fresado y enrutamiento CNC permite al diseñador desarrollar este proceso. En contraste con el enfoque manual, los métodos CNC son capaces de producir rápidamente un mayor número de elementos no estándar y con un gran nivel de detalle, consiguiendo formas que serían difíciles de replicar con cortes convencionales (DUNN, 2012 pág. 130).

Figura 7: Proceso de contorneado con maquina CNC



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 132

D.2. Plegado

Es el proceso más familiar para convertir un elemento bidimensional en uno de 3 dimensiones. La característica más inmediata del plegado es la continuidad del espacio, la superficie y la forma que proporciona, permitiendo una fluidez distinta de la mayoría de los métodos de herramientas. La asistencia que brinda la fabricación digital está en software con funciones específicas dentro de sus interfaces que convierten superficies de forma libre en hojas de patrón desplegadas listas para la fabricación digital. Los datos para estas hojas desplegadas se usan usualmente con máquinas de corte laser que pueden facilitar el plegado creando líneas de perforaciones. En términos materiales, el acto mismo de manipular la superficie a través de curvas, pliegues y otras modulaciones requiere que la lámina prevista sea de naturaleza flexible y, como consecuencia, el papel grueso, la chapa y los plásticos son los materiales más utilizados (DUNN, 2012 pág. 140).

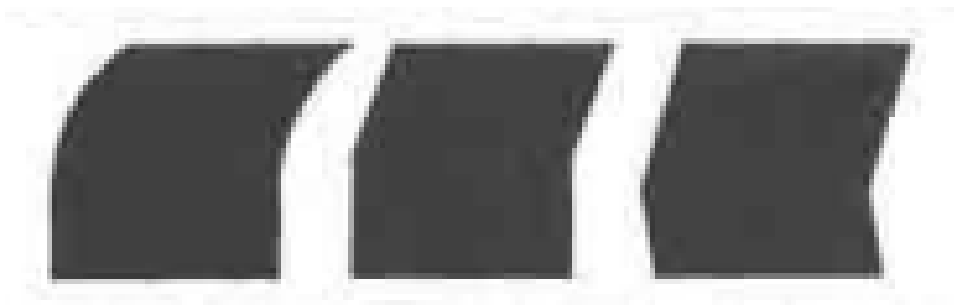
Figura 8: Aplicación del plegado en el Teatro Agora



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 132

El plegado procede de la curvatura o quebrantamiento de formas lisas. Wucius Wong expone este concepto: “Las formas lisas en un espacio ilusorio son como formas hechas con delgadas hojas de papel, metal, u otros materiales... El quebrantamiento de estas formas sugiere un espacio ilusorio. La curvatura o la torcedura cambian su frontalidad absoluta y activan su desviación del plano de la imagen” (WONG, 1991).

Figura 9: Torcedura o plegado de una forma lisa que genera espacios ilusorios



Fuente: Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 96)

D.3. Formado

Es el mecanizado a través de la generación de componentes a partir de un molde, y se aplica más fácilmente para la producción en masa. La construcción convencional usa moldes para fabricar columnas, vigas... a base de concreto. Con la fabricación digital los moldes (que se pueden crear con máquinas CNC) pueden dar lugar a formas más complejas. Se ha usado extensivamente en paneles de fachadas, y componentes detallados. Tal vez incluso en mayor medida que con el plegado, las ventajas de este enfoque se refieren a la fabricación a tamaño completo, lo que lo convierte en un puente eficaz entre el diseño digital y la producción. (DUNN, 2012 pág. 148)

Figura 10: Prototipo a escala del formado de un panel para un Club en Alemania



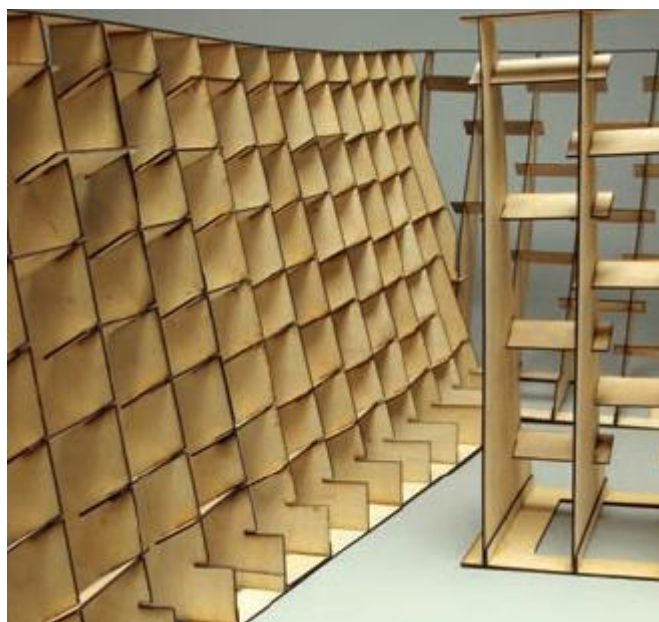
Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 148

D.4. Seccionado

Es un método de perforación en serie de componentes en relación con una geometría de superficie. Al tomar una serie de cortes seccionales a través de un modelo digital, ofrece una forma rápida y eficaz de recopilar los datos necesarios

para informar a un proceso CAD / CAM. Con el interés y la experimentación constantes en las geometrías complejas, y a menudo curvilíneas, la capacidad de cortar a través del diseño para entender y comunicar las relaciones de la forma, de la superficie y del espacio es altamente beneficiosa. Los comandos de software de modelado digital suelen proporcionar secciones instantáneas a través de una forma tridimensional, y utilizando una serie de tales secciones en paralelo es inmediatamente evidente cómo se convertirá en una estructura física y superficie. Las técnicas de fabricación digital utilizadas típicamente en el seccionado son cortadores, particularmente cortadores láser y enrutadores CNC (DUNN, 2012 pág. 158).

Figura 11: Espacio temporal generado por la técnica del seccionamiento, desarrollado por estudiantes de la escuela de Arquitectura de Manchester

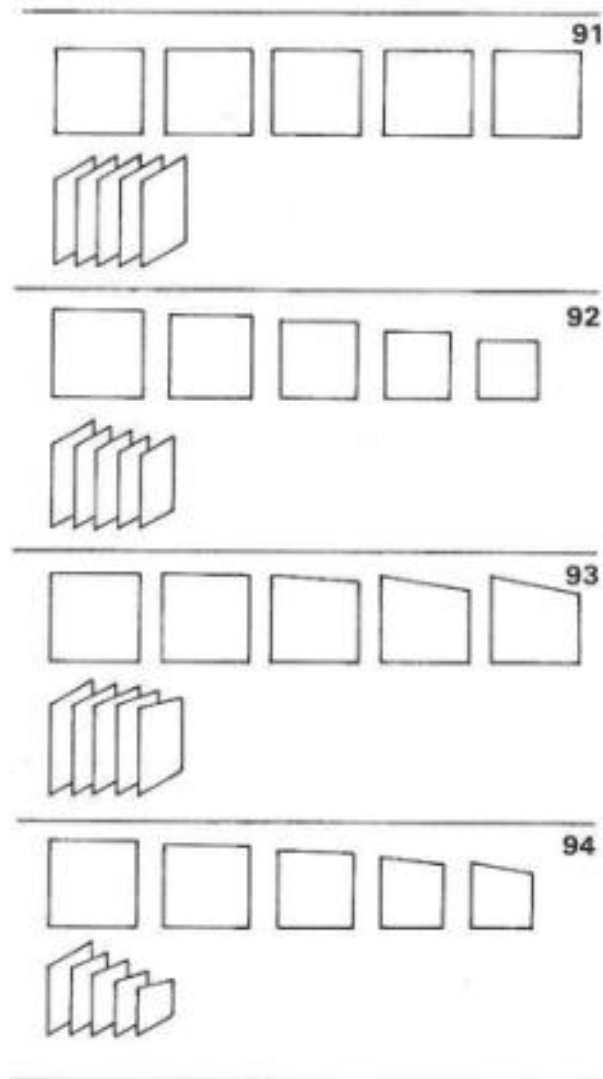


Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 100

Las técnicas del seccionado y contorneado provienen del concepto de planos seriados, el cual es explicado ampliamente por el arquitecto chino Wong que explica: "...para construir una forma volumétrica, podemos pensar en términos de sus secciones transversales, o en cómo la forma puede ser cortada en rodajas, a intervalos regulares, delo que derivan los planos seriados. Cada plano seriado puede ser considerado como un módulo, que podrá ser usado en repetición o gradación" (WONG, 1991). La figura 12 nos muestra la repetición (91) que se refiere

a repetir tanto la figura como el tamaño de los módulos. La gradación se refiere a una variación gradual del módulo y puede ser usada de 3 formas: (92) Gradación de tamaño, pero repetición de figura, (93) Gradación de figura pero repetición de tamaño, (94) Gradación de la figura y tamaño.

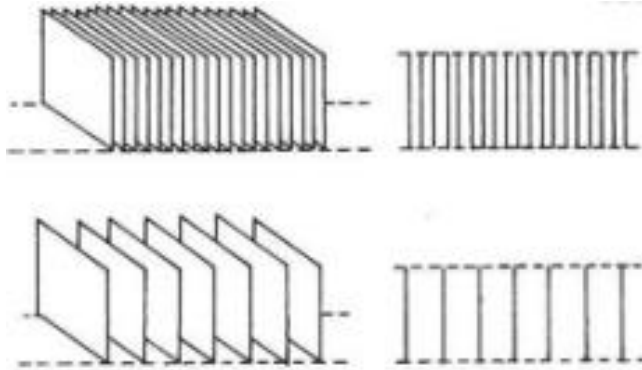
Figura 12: Repetición y gradación de planos seriados



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 107)

Asimismo Wong nos habla de las variaciones que enriquecen las formas generadas por los planos seriados. Las variaciones posicionales tienen relación con el espacio entre planos, a menor distancia mayor sensación de solidez, mientras un espacio amplio debilita la sensación de volumetría (WONG, 1991 págs. 109, 110).

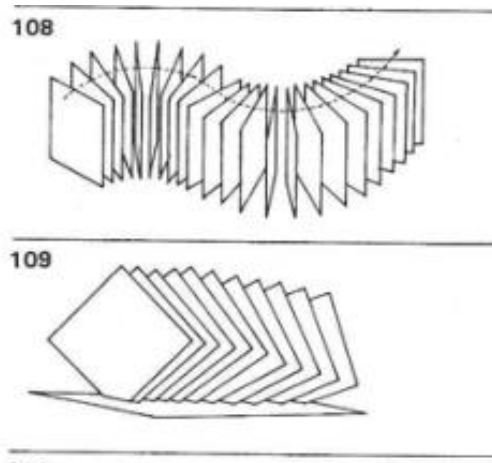
Figura 13: Variación posicional de planos seriados



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 109)

Las variaciones de dirección se producen de varias maneras y se muestran en la figura 14: (108) variación sobre un eje vertical del plano desvía los planos de su disposición paralela. (109) La rotación sobre el mismo plano supone que las esquinas o los bordes de cada plano se mueven de una posición a otra, sin afectar la dirección básica del plano mismo. Esto deriva a una figura torcida en forma de espiral.

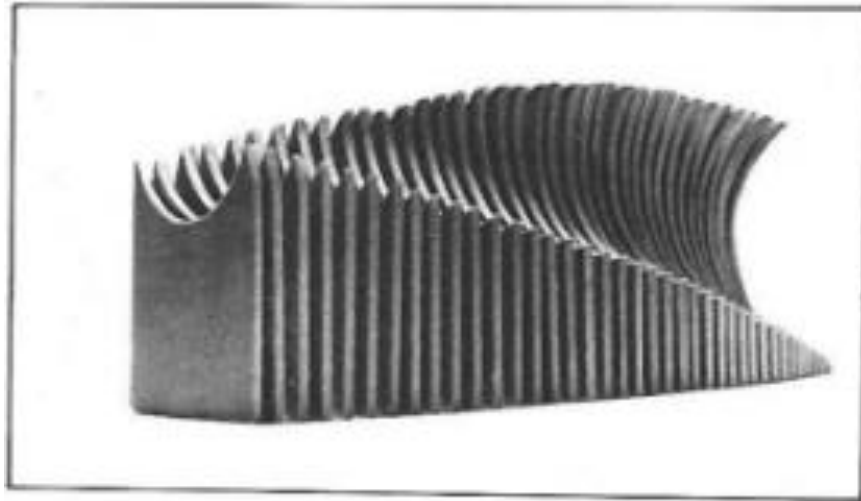
Figura 14: Variación direccional de planos seriados



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 109)

Es así que el arquitecto Wucius Wong muestra diversos modelos diseñados por sus estudiantes en los que se aplica la técnica del seccionado o planos seriados.

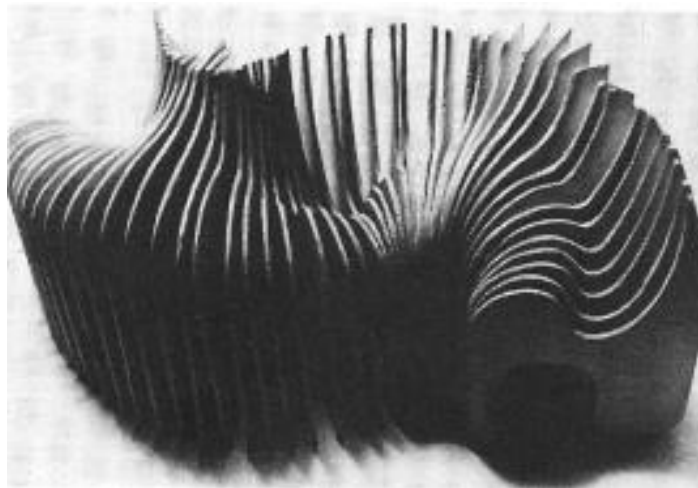
Figura 15: Maqueta realizada por un alumno de Wucius Wong



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 114)

La fig. 15 nos muestra el uso eficaz de una gradación de figura. Cada plano ha sido obtenido por la combinación de una figura rectangular positiva y una circular negativa (diferencia booleana).

Figura 16: Maqueta realizada en un curso de diseño dictado por W. Wong



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 118)

La fig. 16 permite apreciar la gradación de figura utilizada en combinación con la variación de dirección. Además, se aprecia la introducción de una figura negativa que corre como un túnel por la parte inferior del diseño (diferencia booleana)

D.5. Mosaico

Implica el desarrollo de figuras o formas que cuando se ensamblan forman un plano coherente sin huecos o solapamientos. Dichos mosaicos pueden tener cualquier forma geométrica siempre que encajen juntos, incluso si estos cambian de tamaño y forma a través del plano mismo. Las superficies modeladas y revestidas de mosaicos que se encuentran en la arquitectura son directamente análogas a los patrones de malla (mesh) definidos usando herramientas de mosaico digital. En el contexto de la fabricación digital, las posibilidades de traducir la información de diseño desde estas mallas digitales a máquinas que producen componentes a partir de materiales en hojas son inmediatamente evidente. Las plataformas de software son cada vez más aptas para permitir a los diseñadores evaluar la resolución y el tamaño de las baldosas en relación con la geometría general, el método de fabricación y los materiales a emplear. Este proceso de traducción facilita las intenciones de diseño a calibrar con el sistema de construcción propuesto (DUNN, 2012 pág. 166)

Figura 17: Xeromax Envelope, una segunda piel para edificios es producto de la técnica del mosaico y la robótica

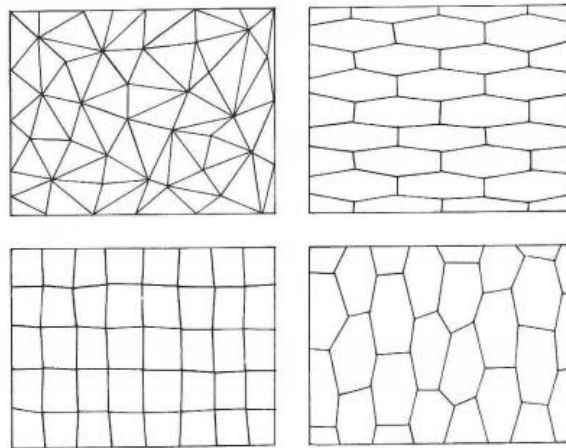


Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Dunn, pág. 175

El proceso de mosaico proviene del concepto de similitud formal, el cual es explicado por el arquitecto chino Wong. Este autor nos dice que “las formas pueden parecerse entre sí y sin embargo no ser idénticas. Si no son idénticas, no están en repetición, están en similitud” (WONG, 1991 págs. 37, 39). Esta similitud no es tan

estricta como la repetición pero mantiene un alto grado de regularidad. La estructura de subdivisiones similares está formada por cuadriláteros, triángulos, hexágonos, todos ellos con lados desiguales pero pueden ser unidos con el objetivo de formar estructuras que cubran todo un espacio o superficie. Es decir, las mallas o meshes que sirven para formar la técnica del mosaico provienen del concepto de similitud formal aplicado a una estructura.

Figura 18: Estructura de subdivisiones similares aplicado en superficies 2D



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, por Wong (pág. 40)

E. Obras Arquitectónicas Referentes

E.1. Metropol Parasol

La rehabilitación de la Plaza de la Encarnación en Sevilla y el diseño de la "Metropol Parasol" se iniciaron con un concurso de diseño en 2004. El objetivo era proporcionar un nuevo museo subterráneo para los mosaicos romanos recién excavados, un espacio para tiendas, un mercado tradicional en el nivel de la planta baja y una plaza pública a 5 m sobre el suelo, incluyendo bares y un restaurante. El arquitecto berlinés Jürgen Mayer H. junto con los ingenieros de Arup, presentaron el esquema ganador. Lo más visible es la enorme estructura de madera que se asemeja a seis setas fusionadas de hasta 28 m de altura y 150 m de longitud total, que proporcionan el sombreado para el nuevo punto central de vida urbana. Paseos serpenteantes en la parte superior de los parasoles y un restaurante a 21,5 metros por encima del suelo invitan a los turistas a disfrutar de la vista sobre el casco antiguo.

Figura 19: Plaza Mayor en Sevilla, con el Metropol Parasol



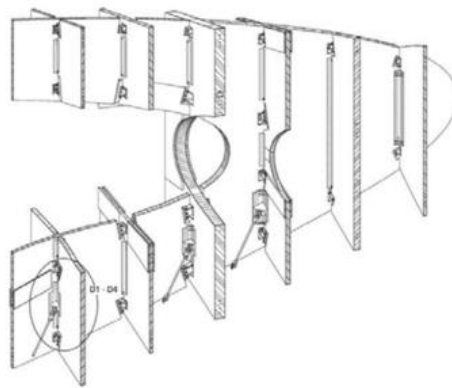
Fuente: Computational Design Modelling de Gengnagel y Otros (pág. 249)

La geometría de la estructura se basa en una forma libre, esbozando las estructuras de sombreado en forma de árbol. Las placas de madera laminadas individuales se generan cortando verticalmente en un patrón ortogonal de 1,5 x 1,5 metros a través de la forma libre. Diferentes materiales se emplean en la estructura dependiendo de las demandas arquitectónicas y estructurales. Las planchas de madera tienen entre 1.5 y 16.5 metros de largo, su espesor varía entre 68 y 311 milímetros, conteniendo alrededor de 3400 elementos con un volumen total de 3500 metros cúbicos planchas de madera laminada.

La estructura de madera de los parasoles está a merced del clima. Para proteger la madera, las planchas laminadas fueron rociadas con uno a tres milímetros de una capa de Poliuretano 2K, que gracias a su excelente adherencia a superficies de madera, puede ayudar a prevenir posibles fisuras en la misma. Asimismo, esta capa es suficientemente permeable al vapor. Esto junto a la capa superior de pintura color marfil que sirve de protección UV, proporciona a la madera una calidad de superficie completamente nueva. Este nuevo recubrimiento provee a arquitectos e ingenieros nuevas formas de tratar estructuras de madera.

Todas las uniones fueron hechas en ángulo recto a nivel de planta, en elevación sin embargo las 2700 uniones fueron hechas a diferentes ángulos. Ya que cada conexión es diferente, se desarrolló un sistema modular, flexible y con las dimensiones mínimas posibles pues cada conexión es visible. Para los momentos generados en las conexiones en los lados superior e inferior de los elementos, se generó un conector tipo horquilla estandarizado que puede ser girado y atornillado rápidamente in situ (GENGNAGEL, y otros, 2011 págs. 249-252).

Figura 20: Vista Isométrica con detalle de las conexiones (Metropol Parasol)



Fuente: Computational Design Modelling de Gengnagel y Otros (pág. 253)

E.2. Pabellón De Arte Móvil Chanel

En 2006, la empresa de moda francesa Chanel decidió montar una exposición itinerante de las ilustraciones inspiradas por uno de sus productos. Un ejercicio oportunista de sensibilización y promoción de Chanel, esta exposición contó con fotografías, películas, escultura, dibujos, pinturas hechas por 20 artistas contemporáneos bien reconocidos de todo el mundo. El director de creatividad de Chanel, Karl Lagerfeld, creyó que en vez de trasladar esta exposición a través de galerías internacionales el pabellón que la acogiera debía ser móvil también y que viajaría de ciudad en ciudad.

Es así que acudió a la galardonada arquitecta británica iraquí Zaha Hadid. El resultado fue el Pabellón de Arte Móvil, una estructura blanca, curvilínea, orgánica y asimétrica de un solo piso montada a partir de paneles de plástico moldeado y sostenida por una estructura de acero, fue originalmente pensado para hacer 'Tour' por cinco ciudades importantes: Hong Kong, Tokio, Nueva York, Moscú y Londres.

El pabellón fue construido en una zona industrial en North Yorkshire, en el norte Inglaterra, y luego fue trasladado a Venecia para la 52ª Bienal.

Figura 21: El Pabellón de Arte Móvil en el Central Park, Nueva York



Fuente: 'A Glimpse Of Another World': Zaha Hadid's Mobile Art Pavilion, de Kazan

El pabellón es un experimento en el uso de Plástico de Fibra Reforzada, un material que es usado frecuentemente en la aeronáutica debido a su bajo peso, maleabilidad, durabilidad y al hecho de que puede soportar temperaturas extremas. 700 paneles de este material son sujetados por estructura de acero, cada uno numerado para la facilidad de manipulación, transporte y ensamblaje.

El pabellón no tiene ventanas, pero la luz natural se filtra a través sus paneles desde el exterior, y las luces ocultas también juegan una parte importante en la conformación del espacio y su experiencia. En palabras de la propia Hadid, la obra es un lenguaje arquitectónico de fluidez y naturaleza impulsada por el nuevo diseño digital y procesos de fabricación que han permitido crear las formas totalmente orgánicas del Pabellón, en vez del orden serial de repetición que marca la arquitectura del siglo XX ('A Glimpse Of Another World': Zaha Hadid's Mobile Art Pavilion, 2013)

Figura 22: El Pabellón de Arte Móvil en Paris



Fuente: 'A Glimpse Of Another World': Zaha Hadid's Mobile Art Pavilion, de Kazan

E.3. Airspace Tokyo

Este edificio híbrido es un proyecto colaborativo, obra del Studio M/Hajime Masubuchi –que dejó la fachada en manos de Thom Faulders–, incluye viviendas y estudios de fotografía. Su fachada de composite de aluminio unifica el conjunto. La fachada –en realidad cuatro superpuestas– es un elemento completamente independiente, separada unos 20 cm del volumen. El diseño es resultado de la superposición de cuatro patrones orgánicos generados por algoritmos informáticos y materializados en técnicas de cortado a láser controladas por ordenador. A pesar de la evidente libertad de la fachada, su composición no es caprichosa. La densidad variable responde necesidades de intimidad diferentes en el interior, y se ha estudiado detenidamente tanto la reflexión solar como la acción de la lluvia. (Hiperfachadas: Tokio a través de su piel comercial, 2009)

Figura 23: Perspectiva del Airspace Tokyo



Fuente: Hiperfachadas: Tokio a través de su piel comercial (pág. 49)

“El resultado -explican los autores del proyecto- se traduce en una estructura reticular que da forma a un espacio transitorio intersticial entre público y privado, donde la visual cambia cada vez que se mueve, la lluvia no alcanza la calle por acción capilar y la luz se refleja sobre la brillante superficie metálica”.

Figura 24: Detalle de la superposición de los 4 patrones orgánicos, Airspace Tokyo

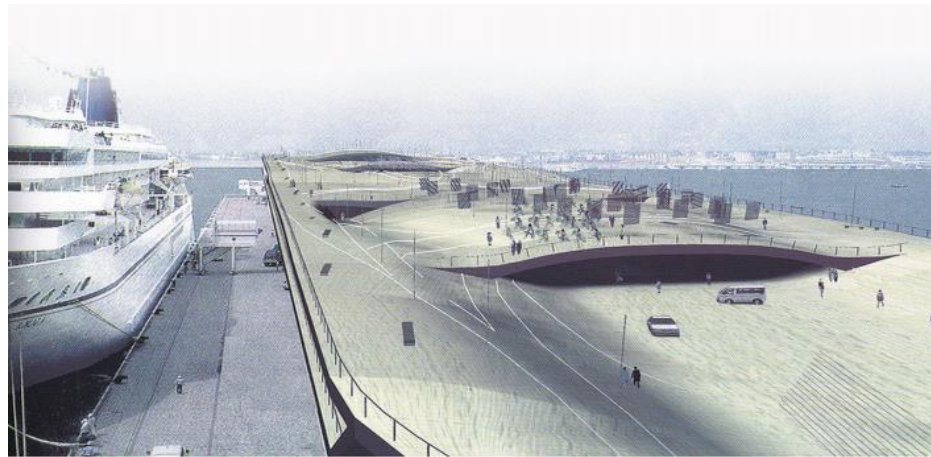


Fuente: Hiperfachadas: Tokio a través de su piel comercial (pág. 49)

E.4. Terminal Portuario Internacional De Pasajeros

En 1996 un concurso se celebró para una nueva terminal de pasajeros en la bahía de Tokio. Los Arquitectos de Foreign Office Architects (FOA) ganaron la competencia y la nueva terminal debería estar construida para noviembre de 2002. La estructura de acero fue diseñada con el hermoso paisaje del puerto en mente. Está compuesta de tres niveles y tiene la forma de una curva suave. El techo ocupable se curva hacia atrás para formar el techo del nivel inferior y luego otra vez para formar el piso. El espacio interior está libre de barreras sin columnas o vigas y la circulación vertical es lograda a través de rampas y ascensores.

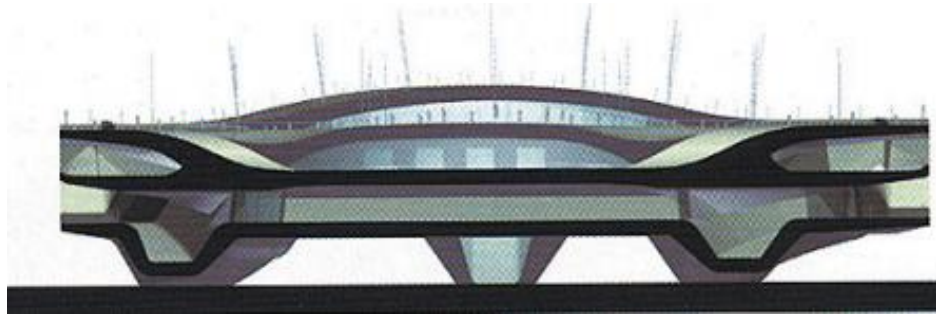
Figura 25: Terminal Portuario Internacional De Pasajeros, Yokohama



Fuente: "Yokohama Port Terminal: Foreign Office Architects," por Rohaly

A medida que la estructura toma forma, su aspecto extraordinario se hace evidente externa e internamente. Las secciones de trabajo y secciones conceptuales indican la geometría innovadora. Estas geometrías exponen las bandas abstractas de espacio que utilizan los arquitectos, junto con pliegues en el suelo que se traducen en estructuras envolventes, en una gran plataforma operativa trabajando en un sistema activo y eficiente. Esta configuración espacial compleja que une el concepto de superficies plegadas como bucles de circulación con la realización tectónica se materializó por las herramientas de diseño digital. ("Yokohama Port Terminal: Foreign Office Architects," , 2010 págs. 32, 36)

Figura 26: Sección del Terminal Portuario Internacional De Pasajeros

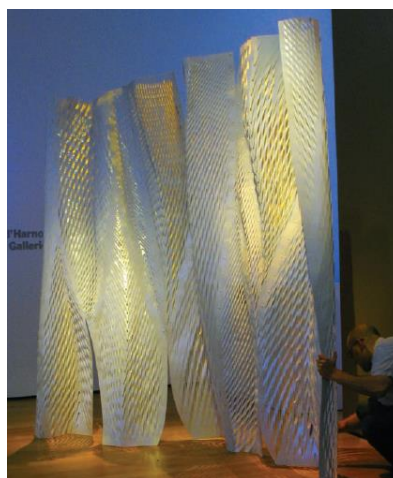


Fuente: "Yokohama Port Terminal: Foreign Office Architects," por Rohaly

E.5. Vector Wall (Muro Vector)

El muro vector imagina maneras que un cortador láser simple puede perforar un material flexible o semiflexible con el patrón multidireccional, reinterpretando el muro común. El proyecto explora el sistema de corte por láser de una chapa de acero estándar y plegándola para crear una superficie perforada ondulada; una vez cortada, una chapa de acero plana puede formar una malla volumétrica, escalable, diáfana. Este módulo de pared flexible puede extenderse desde su tamaño original de hoja de 1,2 m x 2,4 m en un panel dimensionalmente variable. A través de esta aproximación al corte por láser, un material estándar puede trascender sus dimensiones no sólo en los ejes X e Y, sino también en el eje Z, aumentando exponencialmente la variedad de sus usos.

Figura 27: Exposición del Vector Wall (Muro Vector), Nueva York



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Nick Dunn, pág. 142

El muro vector ilustra la lógica de prefabricación de fines del siglo XX, aprovechando el nuevo diseño digital y los procesos de fabricación. La idea de desarrollar un plano rígido en una superficie articulada independiente llegó relativamente temprano en el proceso de diseño. Se desarrolló a partir de un interés en los sistemas rígidos de la tela como materiales de construcción, y migró hacia el acero como medio eficiente, exhibiendo la fuerza y la rigidez mientras que permanecía extremadamente fino. El tamaño final de la pieza es el resultado directo de las dimensiones de prefabricación de las chapas estándar de acero, los diseñadores intentaron utilizar la mayor cantidad posible de cada hoja. En su iteración final, el diseño se dividió en seis piezas para adaptarse a las camas de corte, las limitaciones de transporte y acabado. Las piezas fueron cortadas, fabricadas, individualmente recubiertas de polvo y luego atornilladas junto con accesorios extraíbles para permitir un fácil transporte, instalación y desmontaje (DUNN, 2012 pág. 142).

Figura 28: Prototipo del Muro Vector



Fuente: Digital Fabrication in Architecture por Nick Dunn, pág. 142

F. Fab Labs Y La Tercera Revolución Industrial

Este nuevo método de fabricar produce el cambio de la producción en la masa que sostiene a las industrias actuales hacia la personalización en masa y convierte al consumidor en productor o al menos parte influyente en el producto. La tecnología capaz de fabricar que antes estaba solo en manos de las grandes industrias cada vez es más accesible para cualquiera. Esto cambia el paradigma de la producción global y estandarizada hacia una producción local y personalizada. Es así que Neil Gershenfeld introduce el concepto de Fab Lab como catalizador de la creatividad y producción local a través de la fabricación digital. Gershenfeld en su publicación "How to make Almost anything" apunta que el primer Fab Lab se creó ante la demanda de estudiantes por crear cosas luego de atender un curso donde aprendían el funcionamiento de equipos de fabricación digital. Ante eso el Center for Bits and Atoms (CBA) se planteó no solo describir lo que ellos hacían sino proveer de herramientas a los interesados. Es así que adquieren equipos de fabricación digital por \$50,000 y materiales necesarios por \$20,000, todas estas herramientas conectadas a través de software personalizado. Ahí nace el primer Fab Lab (GERSHENFELD, 2012 págs. 46,47).

Esencialmente, un Fab Lab es un espacio físico equipado, que permite a las comunidades de usuarios imaginar y producir objetos específicos utilizando herramientas digitales. De esta manera, los Fab Labs fomentan una cultura "hágalo usted mismo", acompañada de un nuevo paradigma que promueve el libre acceso al conocimiento y la colaboración como entorno natural para la innovación y la creación. De hecho, está claro que en la práctica, más allá del "sí mismo", los Fab Labs también trabajan de acuerdo con el principio de "hazlo con otros", porque si puedes hacerlo solo, puedes hacerlo con Otros a través de ensayo y error al permitir que todos los participantes contribuyan a un proyecto (MOREL, y otros, 2016 pág. x).

La revolución iniciada por los usuarios de Fab Labs ha permitido una democratización de las tecnologías de soporte para el proceso creativo colaborativo. Más allá del aspecto físico, estos lugares son espacios reales para compartir conocimientos y habilidades que sirven a un proyecto común.

Figura 29: Fab Lab U. Continental, Huancayo



Fuente: Sitio web Universidad Continental

2.2.2. Arquitectura Efímera, Portable

A. Concepto

Existen edificios que se definen en términos de tiempo más incluso de lo que se podrían definir en términos de espacio, forma o función. Definen su existencia a través de su breve conexión con su entorno. De hecho, una tienda temporal rudimentaria representa probablemente el primer trabajo "arquitectónico" del hombre. Simple y fácil de erigir, esta "tienda" evitaba la lluvia, proporcionaba un poco de sombra, y tal vez, ofrecía movilidad. Los componentes estructurales pueden haber comprendido materiales hallados localmente o un conjunto de piezas. Con el tiempo, la estructura creció en complejidad, pero no siempre conservó su movilidad (CHAPPEL, 2010 pág. 21)

La definición de arquitectura efímera incorpora dos ideas centrales. En primer lugar, el diseño debe destacar o de alguna manera distinguir el diseño del edificio como efímero. El arquitecto debe demostrar una intención de diseño que no se esfuerza por la permanencia en el sitio, y expresa la eventual reubicación del edificio del sitio. En lugar de establecer un tiempo establecido que divide lo efímero de lo permanente, la intención de diseño resulta ser una característica diferenciadora. El diseñador puede expresar esta intención a través de la elección del material, la estructura, entre otras.

En segundo lugar, el edificio debe hacer más que expresar esta intención. El edificio debe ser removido (por ejemplo, desmontado como tiendas de fin de semana o edificios para una exposición), desplazarse a otra ubicación (por ejemplo, conjuntos de escenarios ambulantes o casas móviles), desaparecer (por ejemplo, derretirse o ser demolido) o de alguna otra manera desocupar el sitio. Así, a diferencia de otras clasificaciones de la arquitectura, el arquitecto por sí solo no puede distinguir un edificio como efímero a través del diseño. El propietario u ocupante debe cumplir con la intención de diseño del arquitecto (CHAPPEL, 2010 pág. 23).

La arquitectura portable consiste de estructuras que han sido diseñadas para erigirse fácilmente en una ubicación alejada de donde han sido fabricadas. El término portable ha sido usado como una descripción general para edificios móviles durante casi dos siglos: en 1830 John Manning, un carpintero y constructor londinense concibió una edificación prefabricada de madera que podía ser empacada en un volumen pequeño y transportada. Hay tres estrategias para la portabilidad de edificaciones, la primera consiste en infraestructura que es trasladada en una sola pieza para uso al instante lo cual limita el tamaño de la misma debido a restricciones en el transporte. La segunda estrategia permite una mayor variedad formal ya que está constituida por elementos hechos en fábrica transportados en un solo paquete para luego ser ensamblados in situ. Una tercera estrategia consiste en el transporte de un sistema de partes modulares que es fácil de transportar y que se ensamblan en seco in situ. En cualquier caso la arquitectura portable está compuesta generalmente por materiales relativamente ligeros para reducir el tiempo de construcción y el costo del transporte. (KRONENBURG, 2008 págs. 8-11)

B. Clasificación

B.1. Temporal

Estas obras duran una temporada, la arquitectura temporal establece una conexión directa y saludable con los ciclos naturales. El uso de materiales estacionales, por ejemplo, habla del lugar de una manera visual y táctil. Este tipo de arquitectura se desarrolla principalmente en lugares con estaciones definidas,

donde el tipo de material y el acondicionamiento para la construcción solo funcionan para una estación y luego se desmontan para quizás ser utilizados al año siguiente.

Figura 30: Penal Colony para el Snow Show en Finlandia



Fuente: Ephemeral Architecture Towards a Definition por Chapel, pág. 31

B.2. Evento

Estas obras duran un tiempo predeterminado. La gente puede estar más familiarizada con este tipo de arquitectura efímera que puede durar sólo unas pocas horas o el fin de semana. Estas estructuras comprenden las diversas tiendas de campaña, lonas, estructuras neumáticas, etc. que se usan para dar sombra y albergar picnics, fiestas, reuniones y mercados. Las adiciones de tiendas sencillas o de estructuras desmontables elaboradas transforman instantáneamente parques enteros, bloques de ciudad y plazas. Pueden durar un día, pero desarrollar un sentido de permanencia a través de recurrencia regular.

Este tipo de estructura temporal puede poblar los espacios públicos con una estructura de tipo "edificio" que no representa, sin embargo, ninguna autoridad de gobierno particular o base de poder comercial y es por lo tanto revolucionario y libre. Un evento generado en un espacio público en el que los habitantes de la ciudad pueden participar directamente, desactiva -aunque sea temporalmente- la autoridad del sistema establecido" (KRONENBURG, 2003).

La arquitectura efímera para eventos diarios representa una forma muy democrática de la arquitectura, ya que requiere muy poca inversión y habilidad técnica. El proceso de construcción no suele requerir la aprobación del gobierno, ni

tampoco la verificación del código de construcción. De alguna manera, opera fuera de los límites de la autoridad y de esta manera se considera libre.

En otros casos, puede responder a eventos trágicos, cumplir un papel funcional. La vivienda de refugiados a raíz de un desastre mayor ha atraído mucha atención por la arquitectura efímera. Un gran número de arquitectos han abordado la necesidad de bajo costo, rápido para construir la arquitectura. La erección rápida, y la eventual eliminación, de lo que puede ser miles de viviendas unidades demuestra una circunstancia única para que EA es adecuado.

Así mismo esta arquitectura puede servir para ferias o exposiciones, comerciales, artísticas, entre otras. Las estructuras allí encontradas no sólo albergan a las personas que asisten al evento, sino que también influyen en las ideas y alteran la percepción de quienes la experimentan. El potencial de la arquitectura se expande basado en estas experimentaciones.

Figura 31: Pabellón de Japón para la Expo 92 en Sevilla



Fuente: Ephemeral Architecture Towards a Definition por Chapel, pág. 34

B.3. Nómada

Estos trabajos tienen una existencia flexible, pero típicamente "siempre" están en movimiento. Siendo el tipo más antiguo de arquitectura conocido, las viviendas nómadas continúan persistiendo hoy. Los más conocidos de éstos incluyen el Tipi del indio americano nativo, los yurts de los mongoles, y las tiendas negras de los beduinos. Fáciles de erigir y derribar, estas viviendas permitieron a los nómadas seguir sus manadas y el buen tiempo. Esto no quiere decir, sin embargo, que como nómadas vagaban sin rumbo fijo. Tienen ciertas rutas predeterminadas y campamentos que frecuentaban sobre una base anual. Sus estructuras proporcionaron una especie de continuidad para ellos entre varios campamentos, permitiendo al mismo tiempo la libertad de movimiento. Además, dentro de cada uno de estos grupos nómadas existen "tribus" o comunidades más pequeñas, cada una con su propia interpretación única de tipi, yurta y carpa.

Desde los años 60, la arquitectura efímera experimental relacionada con el estilo de vida nómada ha florecido debido a que nómadas contemporáneos han desarrollado su propia versión de esta arquitectura. Algunos se convirtieron en prototipos, pero muchos otros siguen siendo arquitectura en papel explorando cuestiones de tiempo y espacio. (CHAPPEL, 2010 págs. 29-37)

Figura 32: El cushicle de Archigram, vivienda como envoltorio fácilmente transportable



Fuente: Ephemeral Architecture Towards a Definition por Chapel, pág. 36

Como se puede ver, las estructuras temporales pertenecen a una tipología híbrida que fluctúa entre el arte y la arquitectura y se mantiene con las tendencias de construcción en constante cambio. Gracias a su corta vida útil ya su pequeña escala, las estructuras de corta duración se han convertido en vehículos para probar nuevas ideas y tecnologías de construcción progresivas - parques de juegos para arquitectos para construir prototipos arquitectónicos no cargado de altos costos de construcción e impactos sociales, culturales y económicos a largo plazo en el medio ambiente. (GILLKVIST, y otros, 2016 pág. 14)

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 CAD/CAM

Ambas siglas provienen de su denominación en inglés. Para diseñar usaremos el C.A.D. (Computer Aided Design), mientras que para la fabricación se emplea el C.A.M. (Computer Aided Manufacturing). El diseño y fabricación con ayuda de computador, comúnmente llamado CAD/CAM, es una tecnología que podría descomponerse en numerosas disciplinas pero que normalmente, abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas herramientas, robótica y visión computarizada.

El Diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costes (de tiempo y dinero) en el desarrollo de los productos y en su fabricación (ALBARRÁN LIGERO, 2008 pág. 35).

2.3.2 Maquina CNC

Control numérico computarizado (CNC) se refiere a la automatización de máquinas herramientas que son operados por comandos programados de manera

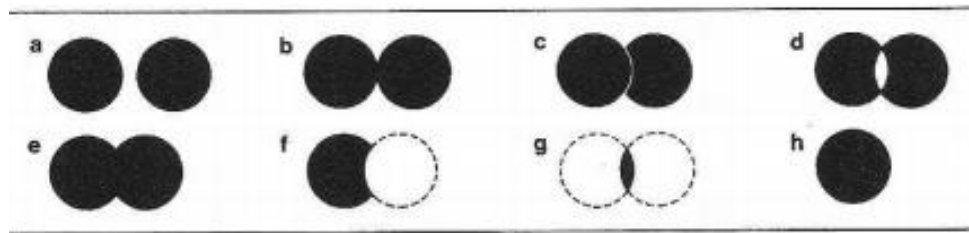
abstracta codificada en un medio de almacenamiento, en comparación con control manual a través de volantes o palancas, o mecánica automatizada a través de levas solo. Estos principios de servomecanismos se aumentaron rápidamente con las computadoras analógicas y digitales, la creación de la moderna computadora de control numérico (CNC), máquinas-herramientas que han revolucionado el proceso de diseño.

En los sistemas modernos de CNC, los programas producen un archivo de computadora que se interpreta para extraer los comandos necesarios para operar una máquina en particular, y luego se cargan en las máquinas de CNC para la fabricación. Ya que cualquier componente en particular puede requerir el uso de un número de diferentes herramientas-taladros, sierras, etc.-modernas máquinas a menudo se combinan varias herramientas en una única "célula". En otros casos, un número de diferentes máquinas se utilizan con un controlador externo y operadores humanos o robóticos que mueven los componentes de máquina a máquina. En cualquier caso, la compleja serie de pasos necesarios para producir cualquier parte está altamente automatizada y produce una parte que coincide con el diseño CAD original (ZHANG, 2017).

2.3.3 Operaciones Booleanas

El tipo de dato lógico o booleano es en computación aquel que puede representar valores de lógica binaria, esto es 2 valores, valores que normalmente representan falso o verdadero. Se utiliza normalmente en la programación, estadística, electrónica, matemáticas (Álgebra booleana), etc. En el caso del modelado 3D, Las operaciones booleanas nos sirven sobre todo para crear nuevos objetos a partir de los objetos básicos. Se basan en los modelos que se estudian con el álgebra de Boole. Los conceptos de suma, resta, parte común etc. son los empleados en esta técnica de modelado de sólidos. Estas operaciones son explicadas en el libro de Wong donde expone las interrelaciones de formas bidimensionales, que también pueden aplicarse en formas en tres dimensiones. Wong nos dice que "las diversas clases de interrelaciones deben siempre ser exploradas cuando se organizan formas dentro de un diseño" (WONG, 1991 págs. 15-17). Estas relaciones producen diferentes efectos espaciales. En la fig. 33 se presentan estas interrelaciones: (a) Distanciamiento, (b) Toque, (c) Superposición, (d) Penetración, (e) Unión, (f) Sustracción, (g) Intersección y (h) Coincidencia

Figura 33: Interrelaciones de formas



Fuente: Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional, de Wong (pág. 16)

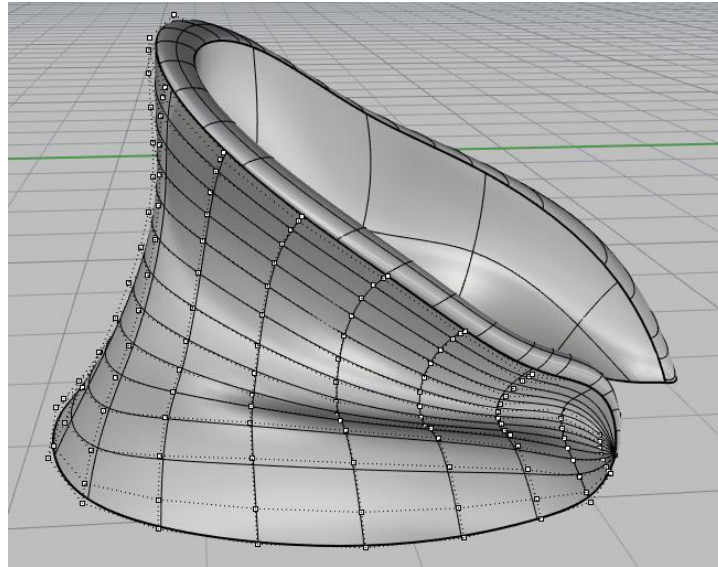
2.3.4. Trayectoria de la herramienta

Secuencia de funciones de control que utiliza un sistema informático para generar instrucciones codificadas que a su vez controlan los movimientos de una máquina-herramienta CNC. Es el camino a través del espacio que sigue la punta de una herramienta de corte en su camino para producir la geometría deseada de la pieza de trabajo.

2.3.5. NURBS (Non-Uniform Rational Basis Spline)

B-splines racionales no uniformes, son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas, círculos, arcos, o curvas en 2D hasta los más complejos sólidos o superficies orgánicas de formas libres en 3D. Puede generarse cualquier forma sin una gran cantidad de información, ya que la computadora la calcula, mientras el usuario hace uso de puntos de control, sus pesos y nodos. Gracias a su flexibilidad y precisión, se pueden utilizar modelos NURBS en cualquier proceso, desde la ilustración y animación hasta la fabricación. Las superficies NURBS generan superficies y curvas más lisas y continuas. (MORALES PACHECO, 2012 pág. 6)

Figura 34: Superficie NURBS con puntos de control visibles

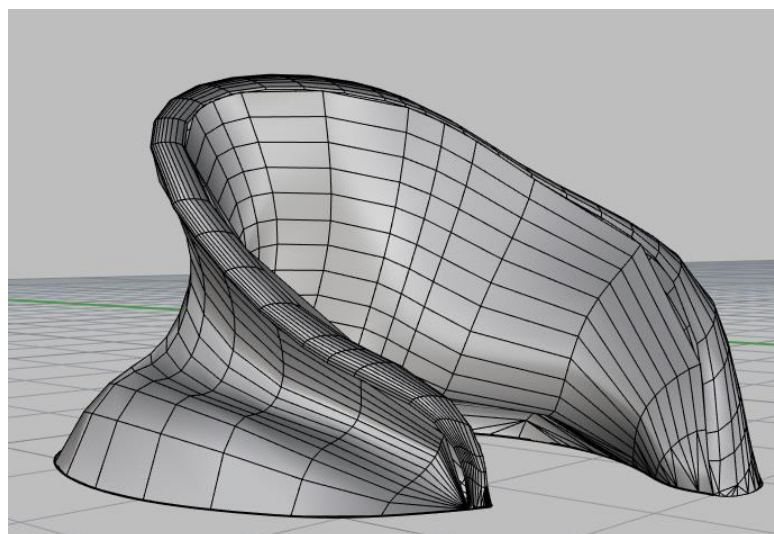


Fuente: Elaboración Propia haciendo uso del software Rhinoceros V. 5.0

2.3.6. Malla (Mesh)

Término utilizado para describir la superficie de un modelo 3D, que se define utilizando numerosos triángulos o cuadriláteros pequeños. Es una colección de puntos definidos lo suficientemente cerca para describir una superficie formada por vértices, bordes, caras a menudo trianguladas; por definición, no es una superficie lisa o continua.

Figura 35: Malla (Mesh), convertida desde una poli-superficie



Fuente: Elaboración Propia haciendo uso del software Rhinoceros V. 5.0

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

a) Método general de la investigación

Para esta investigación se recurrió al método deductivo ya que en primer lugar se estudió las generalidades de la fabricación digital, desde su concepto, pasando por su influencia y aplicación en la arquitectura, llegando hasta las técnicas que se emplean para el diseño y que equipos son los que llegan a materializar este diseño digital. Una vez que se asimilaron estos nuevos conocimientos generales se procedió a aplicarlos a un caso específico, la fabricación digital aplicada al desarrollo de un módulo informático dentro del campus de la Universidad Continental. De esta forma se verifica la validez y capacidad de replicación de esta nueva forma de abordar la arquitectura dentro de nuestro campus.

b) Métodos específicos de la investigación

Método Descriptivo

Este método registra y detalla las características de una situación o fenómeno en particular. Se analizan los datos reunidos para descubrir que variables están relacionadas entre sí. En esta investigación en una fase inicial se describieron las características principales de la fabricación digital, sus aplicaciones, técnicas y

sistemas a emplearse para materializar un diseño arquitectónico innovador, de formas orgánicas no convencional. Es decir, con este método se forma un marco teórico teniendo en cuenta que éste será usado en una segunda fase para su aplicación en un caso práctico, primero a través de un diseño y finalmente para determinar la mejor forma de materializarlo.

Método Analógico para el diseño arquitectónico

Con este método se genera arquitectura que tiene un cierto parecido o una semejanza a un objeto ya sea natural o artificial. Las creaciones surgen de la inspiración de la persona al apreciar algo natural o artificial que impacte la intención del individuo. Es decir, se generan analogías literales o metafóricas para resolver un problema arquitectónico. Para este caso se utilizaron abstracciones a partir de un elemento singular dentro de nuestro contexto, las formaciones geológicas conocidas como Torre, ubicadas al este de la ciudad de Huancayo

Método aplicativo

Con el marco teórico como guía se procede a una tercera fase que es la de aplicar una de las técnicas para el diseño y construcción de varios prototipos (10) de un módulo informático para la Universidad Continental usando la fabricación digital

Método Analítico

Este método consiste en evaluar las partes de un todo, descomponer un fenómeno para estudiar sus elementos constitutivos y obtener conclusiones en base a ello. En esta investigación como una cuarta fase se procede a analizar las características físicas, constructivas, formales y de funcionalidad de los prototipos propuestos para de esta manera determinar el más óptimo desde los aspectos antes mencionados.

3.1.2 Alcances de la Investigación

A) Tipo de investigación

La investigación será del tipo aplicada pues se pretende llevar a cabo la materialización de prototipos del diseño dentro de lo que engloba la arquitectura

efímera y portable, aplicando la metodología propuesta por la fabricación digital, haciendo uso de los equipos del Fab Lab Continental.

B) Nivel de investigación

El nivel de la investigación será descriptivo pues una vez aplicado el diseño en la realidad se procederá a describir las características de los prototipos, y a través de un análisis estadístico descriptivo determinar cuál es el prototipo óptimo para su realización a escala real. Además, se detallarán los hallazgos encontrados en la aplicación del método, los obstáculos y mejoras que se pueden realizar para futuras investigaciones.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es descriptivo comparativo ya que se procedió a recoger datos de los 10 prototipos propuestos para luego compararlos entre sí a través de tablas y figuras estadísticas. Esta comparación resultó en la determinación de un prototipo ideal para su posterior materialización a escala real.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población engloba todas las propuestas espaciales ensayadas digitalmente para un módulo informático dentro del campus de la Universidad Continental a fin de determinar sus cualidades espaciales y de portabilidad

3.3.2 Muestra

Cuando se trata de una población excesivamente amplia se recoge la información a partir de unas pocas unidades cuidadosamente seleccionadas, ya que si se aborda cada grupo, los datos perderían vigencia antes de concluir el estudio. En esta investigación la muestra la conforman los 10 prototipos construidos en el Fab Lab de la Universidad Continental, los cuales pasaron por un proceso de corrección y mejora (digital) para que sea posible su ensamblado. Las mejoras aplicadas fueron desde el punto de vista formal y funcional, mientras que las

correcciones fueron constructivas para evitar puntos críticos en las piezas (ver subcapítulo 4.1.5). Estos prototipos fueron realizados a escala 1/10.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos utilizada en esta investigación es la observación. La observación directa de los prototipos a evaluar es una técnica bastante objetiva de recolección. El tipo de observación a aplicarse es la estructurada ya que el instrumento para tal fin es la ficha de observación (Ver anexos 5 al 14), la cual registra de manera sistemática, válida y confiable; aspectos físicos, constructivos, formales, funcionales y de estabilidad.

Con estas fichas de observación se obtuvieron tanto datos cuantitativos como cualitativos. Para determinar las características que se miden cualitativamente se recurrió a la escala de Likert a fin de calificar los prototipos desde aspectos formales, funcionales y de estabilidad. La aplicación de esta ficha de observación tiene dos objetivos, determinar si se logró diseñar espacios arquitectónicos no convencionales por medio de la fabricación digital y determinar si es posible proyectar un prototipo que sea posible de construir a escala real usando materiales comerciales mediante la fabricación digital en la ciudad de Huancayo.

CAPITULO IV

PROCESO DE DISEÑO Y MATERIALIZACION DE PROTOTIPOS

4.1 Proceso de Diseño

4.1.1 Consideraciones iniciales para el diseño

La aplicación de la fabricación digital en esta investigación tiene el propósito de generar un mobiliario que pueda ser usado en el campus de la Universidad Continental. Inicialmente se propuso desarrollar un módulo informático que permita observar los horarios y exámenes programados pero este único uso limitaría demasiado la funcionalidad del diseño. Jan Gehl, indica “para mejorar con medios sencillos la calidad del entorno exterior de una zona casi siempre es una buena idea crear más y mejores oportunidades para sentarse” (GEHL, 2006 pág. 169). Asimismo indica que: “La existencia de buenas oportunidades para sentarse prepara el terreno a numerosas actividades que son las atracciones principales de los espacios públicos: comer, leer, dormir, hacer punto, tomar el sol, mirar a la gente, charlar, etc.” (GEHL, 2006 pág. 169). Por esto el diseño consistirá en un mobiliario multifuncional ya que sirve para informarse pero también para sentarse a conversar, descansar, comer, tomar el sol, entre otras actividades.

El diseño de un mobiliario urbano multifuncional y de detalles de fachada con varias posibilidades de uso es un principio que se puede recomendar con carácter general, porque da como resultado elementos

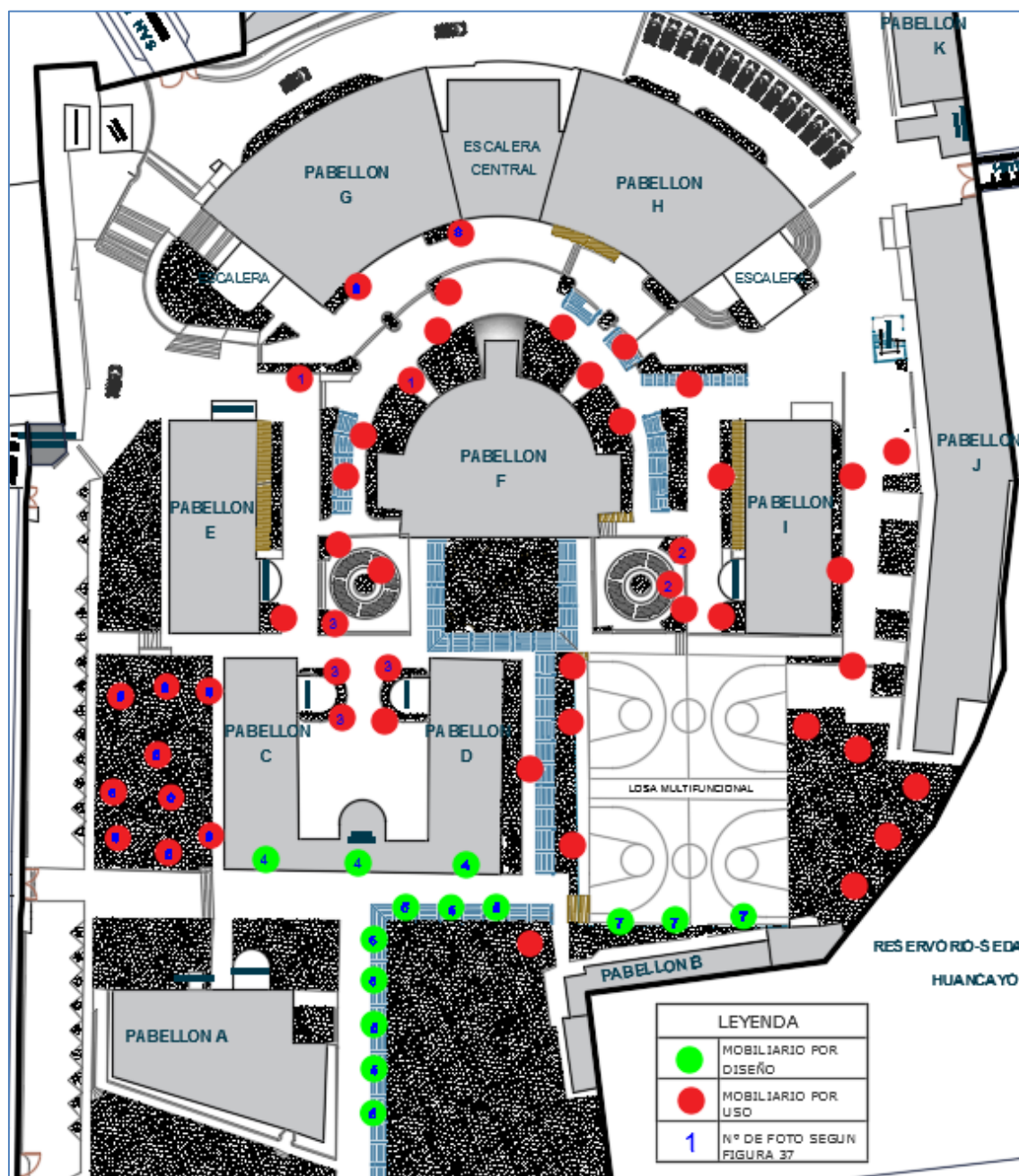
urbanos más interesantes y permite una mayor variedad en el uso del espacio de la ciudad. (GEHL, 2006 pág. 176)

La clasificación que propone el arquitecto Gehl para las actividades realizadas en los espacios públicos es la siguiente:

- Actividades necesarias: son las que los usuarios están más o menos obligados a realizar, como ir al trabajo o a estudiar. En el campus de la Universidad Continental estas actividades son: recorrer los pasillos para ingresar a sus aulas, recorrer los pasillos para dirigirse a su centro de trabajo y recorrer los pasillos para dirigirse a realizar trámites, obtener informes, hacer pagos.
- Actividades opcionales: son las que se realizan si existe el deseo de hacerlo o si lo permite el tiempo y el lugar. En nuestro campus corresponde a sentarse para descansar, comer algo mientras espera el inicio de la siguiente clase.
- Actividades sociales: son las que dependen de la presencia de otras personas en espacios públicos. Para nuestro caso corresponde a reunirse y conversar con los amigos entre clase y clase ya sea acerca de temas académicos o netamente amicales.

Todas estas actividades se producen en los espacios públicos (“entre los edificios”) en el campus de la Universidad Continental, aunque cabe acotar que no existe una cantidad adecuada de espacios para sentarse que hayan sido diseñados para eso, sino que la mayoría de espacios destinados para este uso han sido improvisados por los usuarios, ya sea sentándose en los parapetos de las jardineras, en escalinatas o simplemente en donde encuentren césped (ver figura 37). Estos espacios para sentarse atraen a más gente y producen mayores estímulos pues las interacciones son más prolongadas que las que se producen al cruzarse mientras uno recorre los pasillos. “Si hay mucha gente, o si está pasando algo, la tendencia es que se incorporen más personas y acontecimientos, y las actividades crecen tanto en extensión como en duración” (GEHL, 2006 pág. 83).

Figura 36: Plano que muestra la ubicación de “mobiliarios urbanos” dentro del campus de la Universidad Continental



Fuente: Elaboración propia sobre un plano brindado por la Oficina de Infraestructura de la Universidad Continental

Figura 37: Fotografías de los espacios que los usuarios de la Universidad Continental usan como mobiliario urbano



Fuente: Elaboración Propia

Otra de las consideraciones obtenidas del arquitecto Gehl es que “casi es siempre más interesante estar en espacios pequeños, donde se puede apreciar tanto el conjunto como los detalles” (GEHL, 2006 pág. 103). Por lo tanto el módulo a diseñar será de dimensiones relativamente pequeñas para que impulse relaciones estrechas entre sus usuarios. Es mejor proponer diseños pequeños, a escala humana y luego replicarlos en cantidad que proponer un único diseño que sea desproporcionado. Asimismo este arquitecto menciona que “las calles sinuosas o interrumpidas hacen más interesante el desplazamiento peatonal” (GEHL, 2006 pág. 155). Por este motivo el módulo puede estar ubicado en un pasillo largo para estimular al usuario en espacios que generalmente no llaman la atención y lo único que uno hace es querer recorrerlos cuanto antes.

Además de los asientos principales, se necesitan muchas posibilidades de asientos secundarios y suplementarios –en forma de escaleras, pedestales, escalinatas, muros bajos, cajas, etc. para ocasiones en que la demanda de asientos es particularmente elevada. Un diseño espacial basado en la interacción entre un número relativamente limitado de asientos principales y gran cantidad de lugares secundarios para sentarse también tiene la ventaja de que parece funcionar razonablemente bien en periodos en los que solo hay un pequeño número de usuarios. (GEHL, 2006 pág. 175)

Esta última consideración de Gehl incentiva a ubicar el módulo cerca a otros espacios que ya son usados para sentarse para potencializar las interacciones entre usuarios y producir una reacción en cadena que las multiplique. Finalmente Gehl nos menciona que generalmente los mobiliarios para sentarse se ubican a los laterales de un camino pues permiten un mayor campo visual para que el usuario observe lo que sucede tanto al otro extremo del camino como al centro del mismo. Este alcance será tomado en cuenta al momento de ubicar el prototipo, el cual al ser portable permite tener más de una ubicación.

4.1.2 Idea Rectora, Contextualización del diseño

La Universidad Continental cuenta con módulos de atención informáticos donde los estudiantes pueden revisar sus horarios, exámenes y actividades realizadas dentro de la Universidad. Estos espacios son desarrollados de la manera convencional, con formas regulares delimitados por espacios ortogonales. El objetivo es plantear un módulo de formas orgánicas, innovadoras y que además

cumpla la función de un mobiliario público donde los usuarios puedan sentarse, descansar, conversar, etc. Es decir, un mobiliario multifuncional.

Figura 38: Módulo informático actual de la Universidad Continental



Fuente: Propia

Existe diversidad de métodos para llegar a plasmar una idea en una forma que resuelva un problema arquitectónico. Para llegar a la forma del módulo informático se optó por el método analógico y para lo cual se eligió un elemento único dentro de nuestro contexto para otorgar esta singularidad a la forma del módulo también. La posibilidad que otorga la fabricación digital de otorgar mayor plasticidad a la forma permite a su vez una mayor libertad para conseguir formas orgánicas, no convencionales y que como ya se expresó es precisamente una de las ventajas de la fabricación digital con respecto a sistemas constructivos tradicionales. Es así que las formaciones geológicas de Torre Torre ubicadas al Este de la ciudad de Huancayo que han sido formadas por la acción erosiva de vientos y lluvias, sirven de referencia para la abstracción de conceptos que analógicamente lleven a la transformación de una idea en una forma.

Figura 39: Conjunto de formaciones geológicas conocidas como Torre Torre



Fuente: Propia

Figura 40: Formaciones geológicas aisladas en Torre Torre



Fuente: Propia

4.1.3 Del Concepto a la Forma

Teniendo ya el elemento de referencia se procedió a obtener 3 diseños a partir de analogías formales (ver anexos 2 al 4, las láminas que explican el proceso para la consecución de los diseños). Para arribar a la forma se inició con bocetos que conduzcan una idea hacia una forma expresada en dos dimensiones en primera instancia. Seguidamente usando como referencia los diseños creados a partir de bocetos, se procedió a generar maquetas de la manera “tradicional” (sin intervención de una computadora) con el uso de cerámica en frío y alambre N° 20 para su soporte estructural. Estas maquetas sirvieron para evaluar la forma conseguida y aplicar las mejoras necesarias al momento de digitalizar los diseños.

A) Prototipo A

Figura 41: Boceto y maqueta del prototipo A, Espacio entre torres



Fuente: Propia

Esta primera forma se abstrae de la sensación obtenida al encontrarse entre dos torres. Debido a la magnitud de estas torres, la sensación es que ambas llegan a encontrarse o cruzarse en lo alto, generando una conexión entre ellas y expresada en la forma.

B) Prototipo B

Figura 42: Abstracción del “pliegue” generado en Torre Torre



Fuente: Propia

Torre Torre es el resultado de la erosión de la montaña por agentes naturales, como el viento y las lluvias. El espacio resultante entre la montaña y las torres tiene la forma de un pliegue (ver figura 42) y es precisamente la abstracción de este concepto la que da origen al diseño del prototipo B

Figura 43: Boceto y maqueta del Prototipo B, el Pliegue



Fuente: Propia

C) Prototipo C

Figura 44: Boceto del Prototipo C, las Torres Aisladas



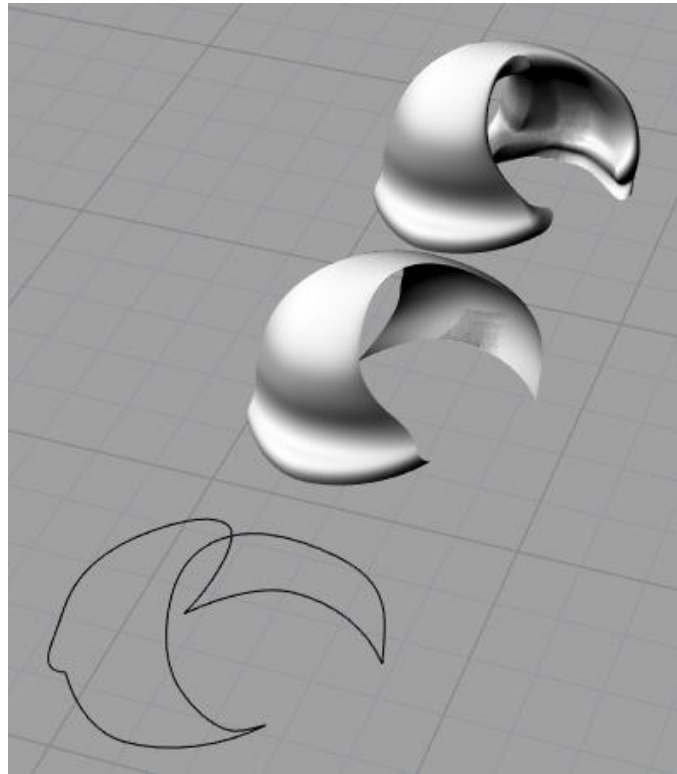
Fuente: Propia

Entre todas estas formaciones geológicas hay 2 de ellas que han quedado aisladas del resto y de montañas circundantes. Ambas torres persistieron a la erosión y quedaron extrañamente solas, apartadas del resto. Es así que esta forma consiste de dos partes, la parte de la atención como se ve en la figura viene a ser la torre alta y la parte del descanso, la torre pequeña.

4.1.4 Digitalización de la forma

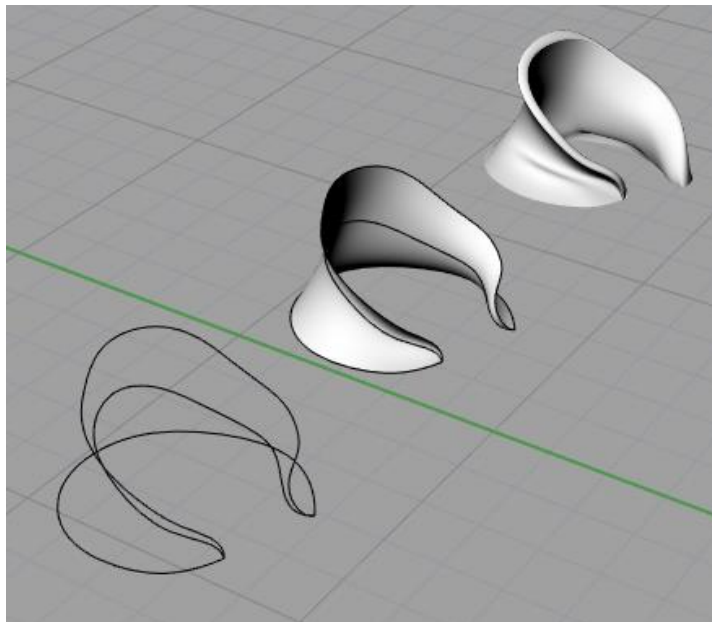
Partiendo de las 3 formas conseguidas se procedió a convertir estas formas físicas a formas digitales utilizando el software Rhinoceros V. 5.0. Para cada una de estas formas se diseñaron variantes aplicando las técnicas de modelado digital de superficies NURBS. Para cada una de las 3 formas ya mencionadas se generaron modelos digitales que procedían de estas formas matrices. Estos diseños digitales se desarrollaron con el objetivo de generar principalmente espacios para ubicar la computadora del módulo informático, además las variantes de cada prototipo se realizaron con el objetivo de generar espacios para sentarse y descansar con diferentes configuraciones espaciales y con el objetivo de darle más plasticidad a la forma.

Figura 45: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo A



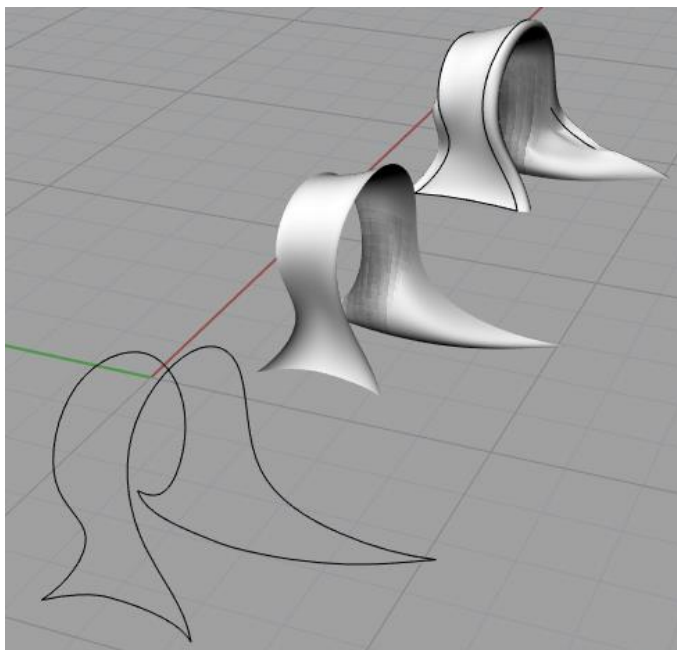
Fuente: Propia

Figura 46: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo B



Fuente: Propia

Figura 47: Proceso de diseño digital para una variante del Prototipo C



Fuente: Propia

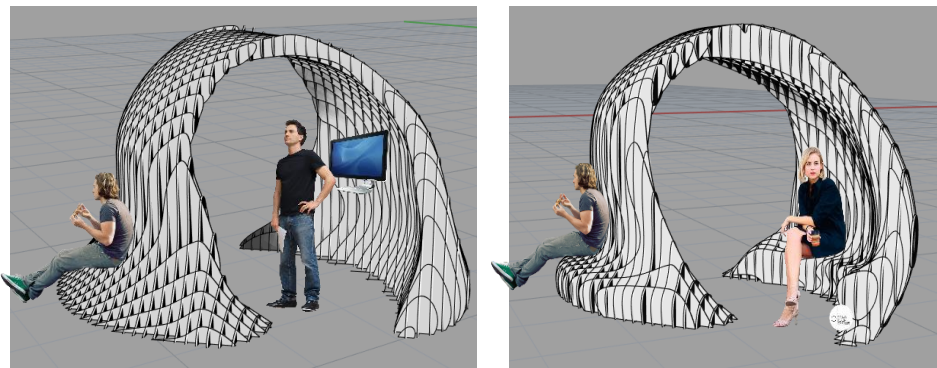
El proceso de diseño digital puede ser recorrido por muchos caminos. En esta investigación el proceso fue similar al realizado para llegar al diseño físico (maquetas en cerámica en frío). El primer paso fue llevar a cabo la estructura con alambre N° 20 el cual se ve representado por líneas curvas en el diseño digital. Luego se procedió a desarrollar las superficies orgánicas con cerámica en frío que se adaptaron a la estructura. Esto se logra en base a las líneas de la estructura que generan superficies en el diseño digital. Para darle volumen a estas superficies NURBS, se procede a modelar sus puntos de control de la misma forma que se modela la cerámica. Este proceso de esculpido tuvo como objetivo generar espacios que puedan acoger la computadora, espacios para sentarse y darle mayor volumen en la base para estabilizar el prototipo.

4.1.5 Aplicación de la técnica del Seccionado para Fabricación Digital

Como se mencionó en el marco teórico el Seccionado es una de las técnicas para la aplicación de Fabricación Digital en la arquitectura, siendo el Metropol Parasol de Sevilla, el proyecto emblemático de aplicación de esta técnica. Es así que una vez que se aprobó cada una de las formas desde aspectos formales y funcionales se procedió a seccionarlas en 2 ejes perpendiculares, alternando los ejes x, y, z. Como indica (WONG, 1991) estas secciones o planos seriados

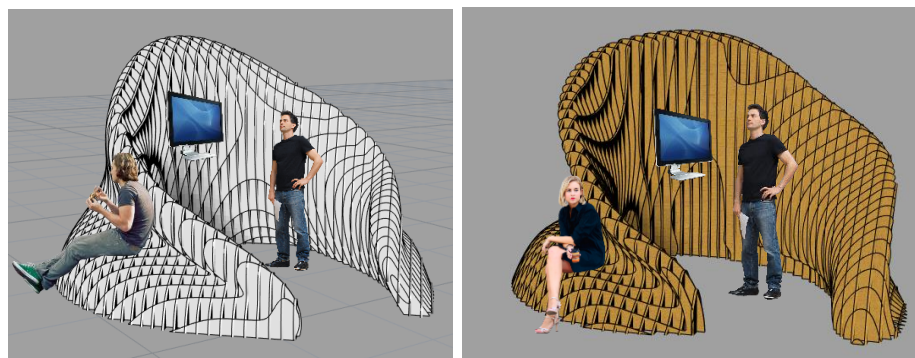
presentan una gradación de forma y de tamaño, lo cual proporciona riqueza formal al diseño. El diseño asimismo no contemplo variaciones espaciales o de dirección, Sin embargo, para otorgar mayor complejidad a la forma los planos seriados se produjeron en 2 perpendiculares como se mencionó. Cada sección se realizó a la misma distancia de la anterior, sin embargo se variaron las distancias entre prototipos. Se trabajó con separaciones de 15cm, 18cm y 20cm entre las mismas a fin de evaluar posteriormente su estabilidad estructural y funcionalidad como mobiliario para sentarse y descansar. Tal y como lo indica Wong, a menor distancia se produce una mayor sensación de solidez y se consolida la sensación de volumetría. La técnica del seccionado también se puede realizar con comandos del software Rhinoceros. Cabe resaltar que es indispensable colocar un código a cada pieza o plano seriado para facilitar el ensamblaje.

Figura 48: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo A



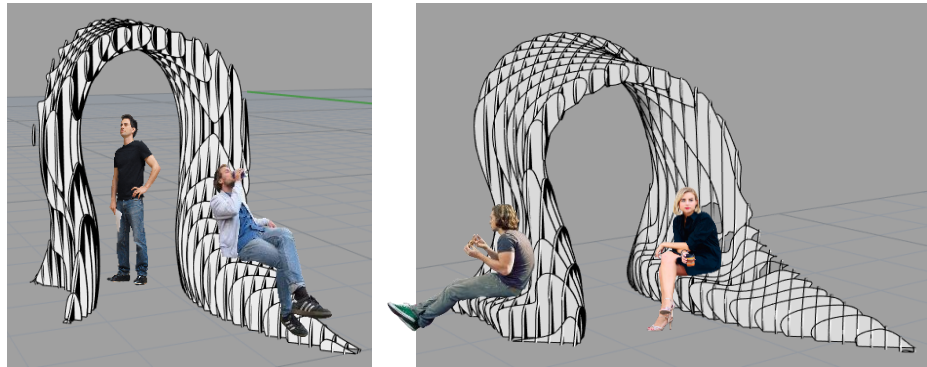
Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

Figura 49: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo B



Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

Figura 50: Técnica del Seccionado en algunas Variantes del Prototipo C

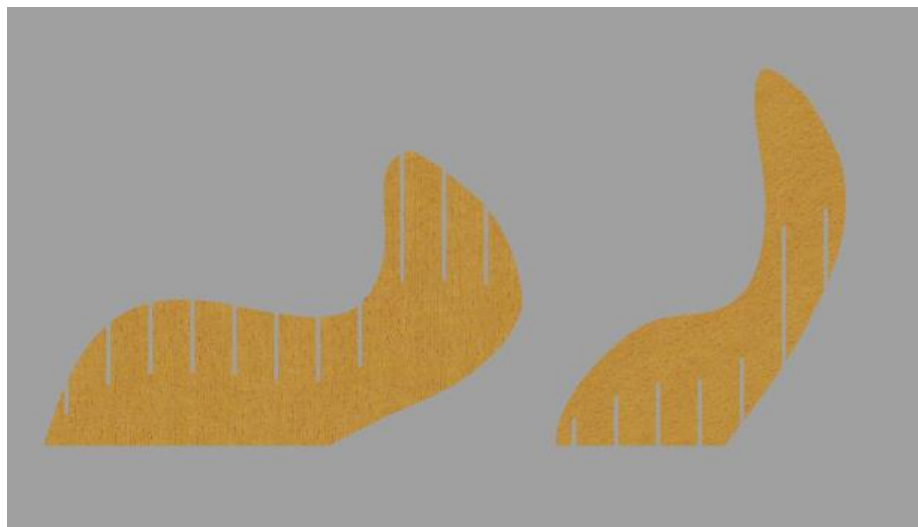


Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

4.1.6 Encajes para el ensamble entre piezas

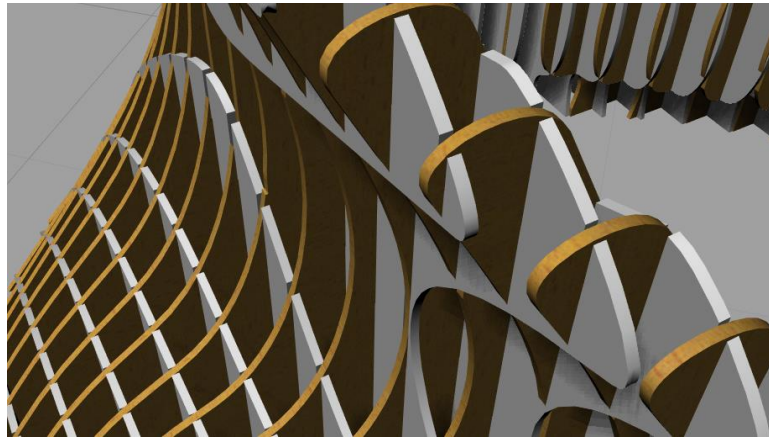
El encaje, unión para el encuentro entre piezas en planos perpendiculares se genera calando el material precisamente en el encuentro entre dichas piezas. El calado debe ser del espesor del material para que el encaje se produzca a presión que puede ser aplicada con un martillo de goma. El calado se realizó en la parte superior en la pieza en el eje x, y en la parte inferior en la pieza ubicada en el eje y. Este orden para el calado no es necesariamente adecuado para todas las uniones en el caso de formas complejas, como se analizará posteriormente.

Figura 51: Piezas donde se aprecia el calado con el espesor del material para el encaje



Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

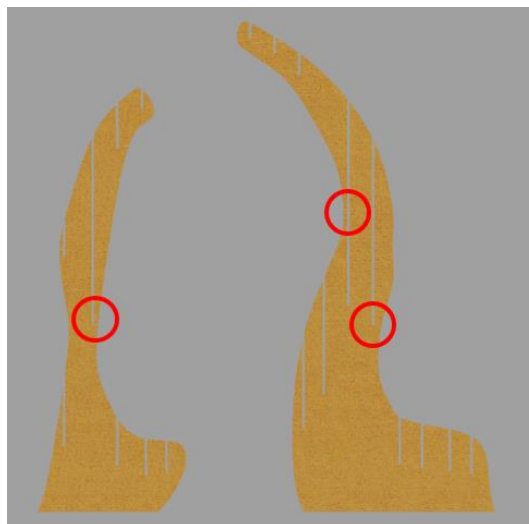
Figura 52: Detalle del encaje a presión entre piezas perpendiculares



Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

Estos encajes deben realizarse en cada una de las uniones entre piezas perpendiculares. En cada uno de los prototipos producidos se generan más de 200 encajes. El software presenta plug-ins que hacen posible la generación de estos encajes a mayor rapidez que tener que hacerlo de uno en uno como sería en caso de utilizar otro software menos especializado para este tipo de proyectos como el Autocad. Debido a estos calados se generan puntos críticos en algunas piezas, que son sectores debilitados en donde la pieza podría quebrarse como se aprecia en la figura a continuación.

Figura 53: Sectores donde se producen puntos críticos en las piezas



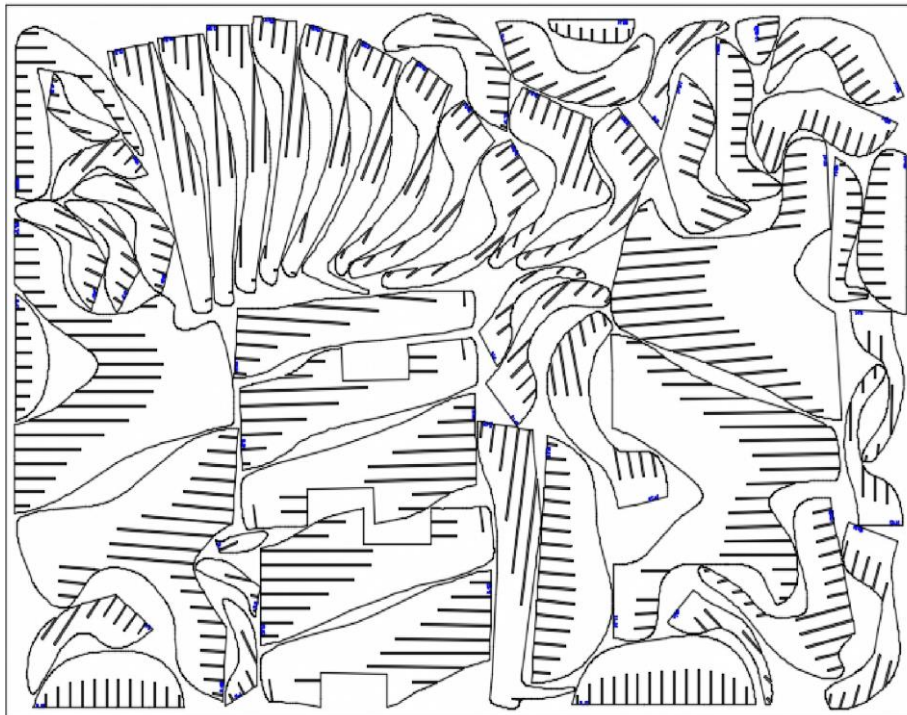
Fuente: Elaboración propia en el Software Rhinoceros V. 5.0

4.1.7 Diagramación de piezas 2D en una plancha para corte laser

Todas las piezas obtenidas con la técnica del seccionado son básicamente piezas 2D, debido al ensamblaje de estas piezas que se encuentran perpendicularmente, se producen una configuración espacial 3D compleja. El último proceso digital para esta técnica es diagramar la ubicación de las piezas en una plancha del material escogido y con las dimensiones adecuadas según el modelo de la cortadora laser o maquina CNC a utilizarse. Es trabajo del diseñador diagramar estas planchas de manera tal que la merma de material sea la mínima posible para aminorar costos.

En este caso la cortadora laser del Fab Lab de la Universidad Continental trabaja con planchas con dimensiones de 90cm x 60cm como máximo. Todos los prototipos se produjeron a escala 1:10 y con planchas de cartón microcorrugado de 1.5mm de espesor. Cada uno de estos prototipos requirió entre 1 y 3 planchas de las dimensiones antes especificadas para obtener las piezas necesarias. Cada pieza cuenta además con un código como se mencionó anteriormente el cual debe ser grabado con la cortadora laser.

Figura 54: Diagramación de una de las planchas que se enviaron a la cortadora laser

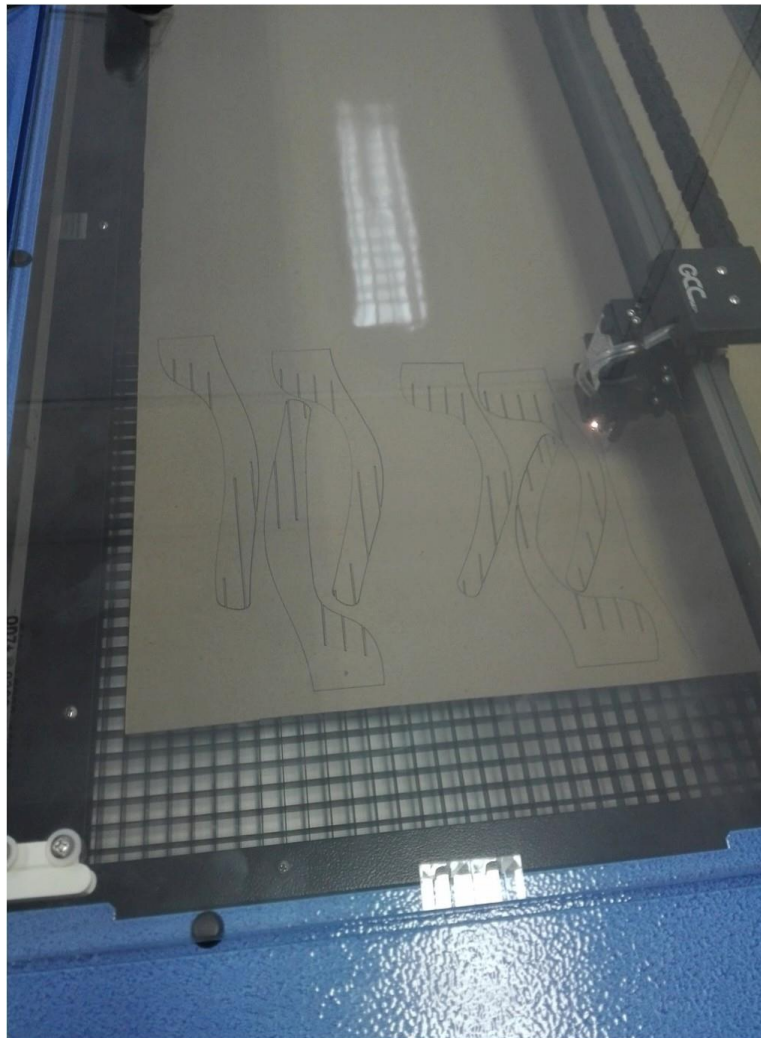


Fuente: Elaboración propia en Autocad y Corel Draw

4.2 Materialización de los prototipos, proceso CAD/CAM

La diagramación de la plancha a cortar se envía desde un ordenador a la cortadora láser a través del programa Corel Draw. En este software se configura tanto la velocidad como la potencia de corte. Es por eso que las líneas de corte y el código de la pieza deben tener diferentes colores, pues se necesitan diferentes configuraciones para cortar y para grabar un código en una pieza.

Figura 55: Proceso de corte de las piezas en la cortadora láser, Fab Lab de la Universidad Continental



Fuente: Propia

Figura 56: Piezas retiradas de la cortadora laser

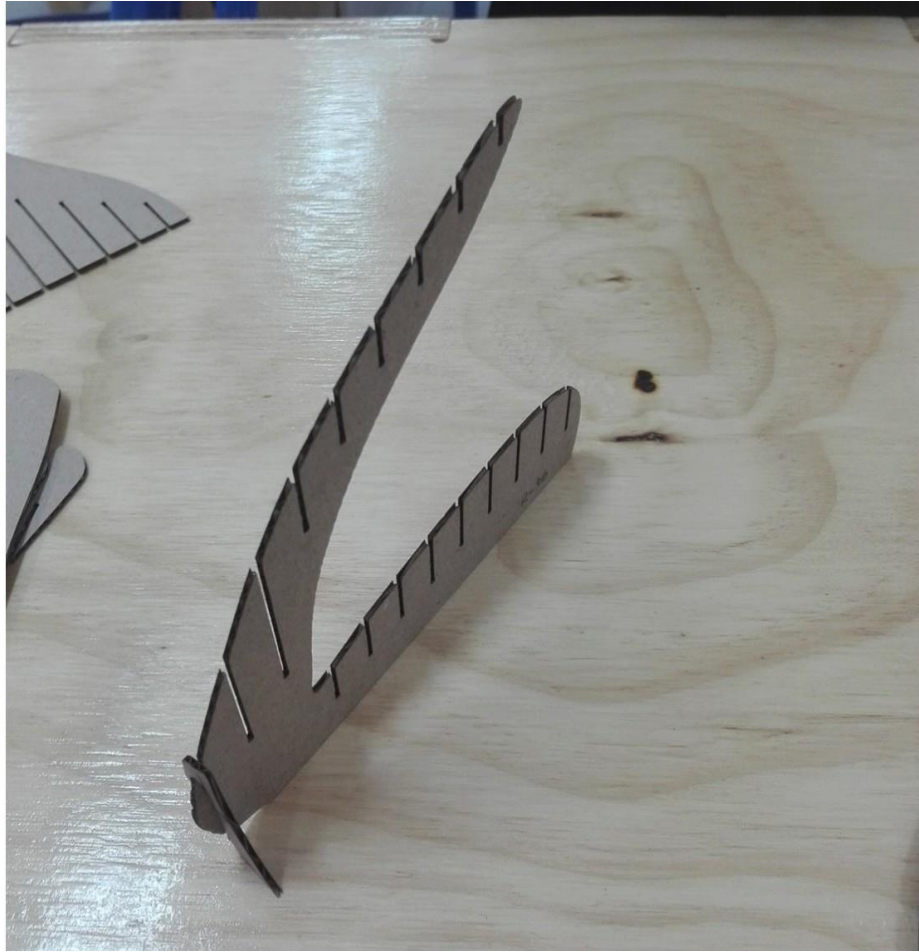


Fuente: Propia

4.3 Ensamblado del prototipo

Una vez obtenidas todas las piezas, se empieza a ensamblar las piezas que se intersectan en planos perpendiculares. A través del ensayo y error en esta investigación se determinó que la plancha de 1.5mm de espesor requiere encajes de 1.7mm pues el material tiende a ensancharse ligeramente y al probar con encajes inferiores el prototipo se deforma un poco con cada encaje.

Figura 57: Ensamble de las primeras piezas



Fuente: Propia

En esta etapa se hace evidente que el ensamble tiene que seguir una lógica, dependiendo de la complejidad del prototipo no puede empezar a ensamblarse desde cualquier pieza pues se producen interferencias entre las mismas y algunas piezas no pueden ubicarse donde deberían por estas interferencias. Como se mencionó anteriormente debido a la complejidad de algunas formas, si todas las piezas en un eje se calan arriba y las piezas en el otro eje se calan abajo, se hace necesario colocar ensamblar algunas piezas desde la parte inferior, es decir elevando el prototipo. Esto no presenta inconveniente al trabajar con un modelo a escala pero al hacerlo con piezas en tamaño real, se dificulta el proceso de ensamblado en caso de requerir elevar algunas piezas ensambladas debido al peso de las mismas.

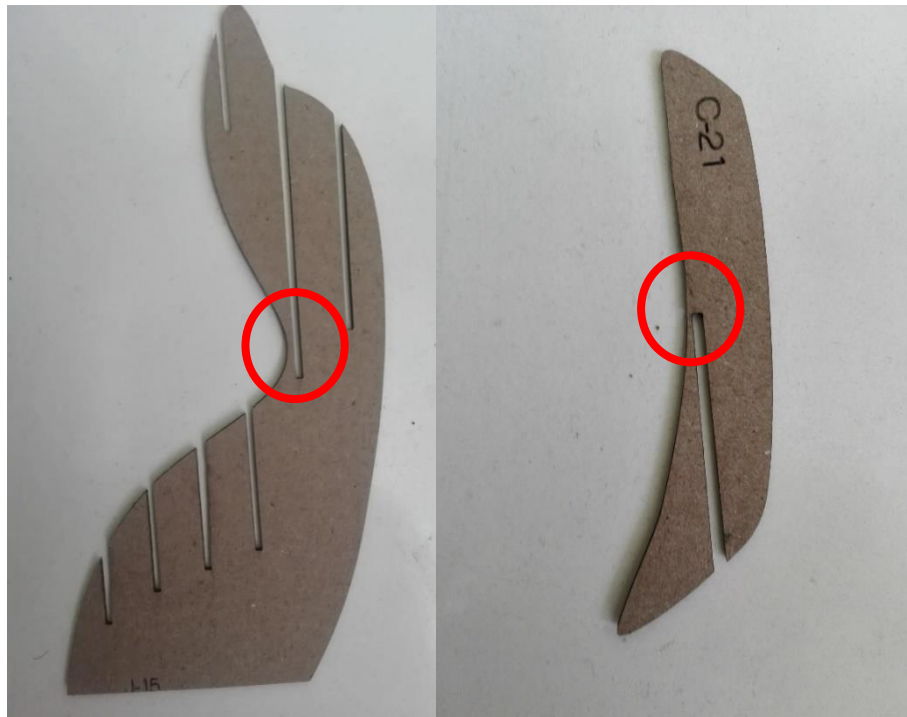
Figura 58: Proceso de ensamblado del prototipo en el Fab Lab de la Universidad Continental



Fuente: Propia

De esta manera el ensamblado de cada diseño debe seguir una secuencia, y para llegar a ella se hace indispensable la producción de estos prototipos, pues algunos encajes deben replantearse para que su ensamblado a escala real sea posible. De la misma forma al tener las piezas en físico se manifiestan algunos puntos críticos a ser corregidos digitalmente para volver a pasar por la cortadora laser. Aquí se evidencia la importancia de la fabricación digital en vincular el diseño y la construcción ya que a través de estos prototipos los 2 procesos mencionados se retroalimentan hasta conseguir un diseño que no presente deficiencias que sean necesarias corregir en obra, sino corregirlo en la computadora hasta conseguir el prototipo ideal desde aspectos formales, funcionales y constructivos.

Figura 59: Puntos críticos a resolver para mejorar los prototipos



Fuente: Propia

Figura 60: Ensamble casi finalizado de un prototipo



Fuente: Propia

En total se produjeron 10 prototipos cada uno de los cuales fue analizado desde aspectos formales, funcionales, constructivos y de estabilidad estructural a través de fichas de observación (ver en anexos 5 al 14 las fichas de observación). El análisis estadístico realizado a partir de los datos de las fichas de observación se realizó con 2 objetivos: determinar si fue diseñar espacios arquitectónicos no convencionales por medio de la fabricación digital y determinar si es factible proyectar espacios arquitectónicos por medio de la fabricación digital, usando materiales comerciales en la ciudad de Huancayo.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)

En la presente sección se muestran los resultados del análisis realizado a cada uno de los 10 prototipos. Como se manifestó en el capítulo III, este análisis se realizó por medio de fichas de observación que determinaron las características físicas, formales, funcionales, constructivas y de estabilidad para evaluar si fue factible el diseño de espacios arquitectónicos no convencionales por medio de la fabricación digital que sean funcionales, con las características físicas adecuadas, que sean formalmente innovadores, estéticos y que su construcción sea factible. Los resultados de este análisis se muestran a continuación.

5.1.1 Características Físicas

A) Área del prototipo

Tabla 1: Estadísticos del Área del Prototipo

Área del prototipo (m2)	
Media	7,0000
Mediana	7,4650
Desv. Estándar	2,09463
Varianza	4,387
Coef. de Variación	0,3

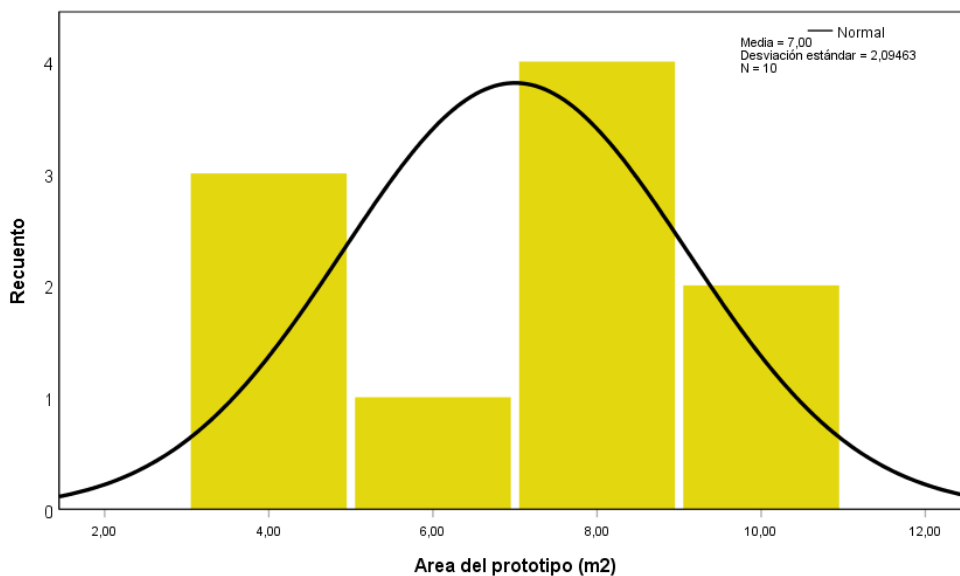
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Frecuencias del Area del prototipo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	3,50	1	10,0	10,0	10,0
	4,90	1	10,0	10,0	20,0
	4,97	1	10,0	10,0	30,0
	6,80	1	10,0	10,0	40,0
	7,43	1	10,0	10,0	50,0
	7,50	2	20,0	20,0	70,0
	7,54	1	10,0	10,0	80,0
	9,42	1	10,0	10,0	90,0
	10,44	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 61: Histograma del Área del Prototipo



Fuente: Elaboración propia

La media del área de los prototipos es de 7m². El coeficiente de variación es de 0.3 lo cual indica una muestra heterogénea. Esto revela la libertad con la que se trabajaron las formas en cuanto a tamaño, más específicamente en cuanto a área. Algunos prototipos no incluyen áreas para sentarse o descansar por lo que son más pequeños, la mayoría si se diseñó pensando en dichas áreas. El prototipo a construir en tamaño real debe rondar la media con el fin de que disponga del área

suficiente para módulo de atención y mobiliario para descanso y a la vez no ser demasiado grande para facilitar su portabilidad.

B) Altura del prototipo

Tabla 3: Estadísticos de la Altura del Prototipo

Altura del prototipo (m)	
Media	2,4050
Mediana	2,3600
Desv. Estándar	,17878
Varianza	,032

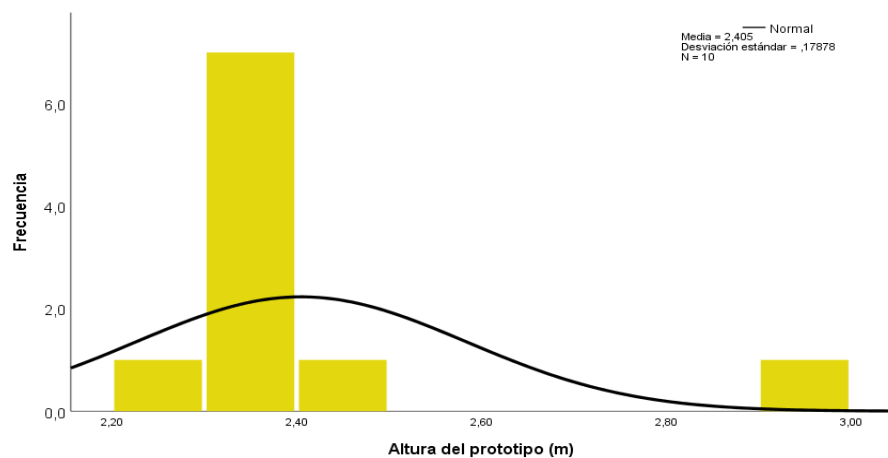
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Frecuencia de la Altura del prototipo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	2,24	1	10,0	10,0	10,0
	2,35	2	20,0	20,0	30,0
	2,36	4	40,0	40,0	70,0
	2,37	1	10,0	10,0	80,0
	2,40	1	10,0	10,0	90,0
	2,90	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Histograma de la Altura del Prototipo



Fuente: Elaboración propia

El histograma muestra un sesgo positivo, debido a que la amplia mayoría de valores (90%) están entre los 2,20m y 2,40m de altura. Asimismo, se evidencia la presencia de un dato atípico, el cual pertenece al prototipo C-2 con 2,90m de altura y que se diseñó para apreciar sus características formales en comparación con el resto de prototipos. Este último prototipo queda descartado pues el material comercial propuesto que es el plywood viene en planchas de 2,44 x 1,22 m, imposibilitando su construcción. Esto demuestra que en la fabricación digital es necesario diseñar conociendo cuales son las limitaciones físicas de los materiales con los que se proyecta construir más adelante. El prototipo a seleccionar debería ubicarse cerca a la media que es de 2,40m para garantizar dimensiones óptimas.

C) Peso del prototipo en tamaño real (kg)

Tabla 6: Estadísticos de la Altura del Prototipo

Peso del prototipo Real (kg)		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		375,3390
Mediana		400,6700
Desv. Estándar		133,81993
Varianza		17907,773

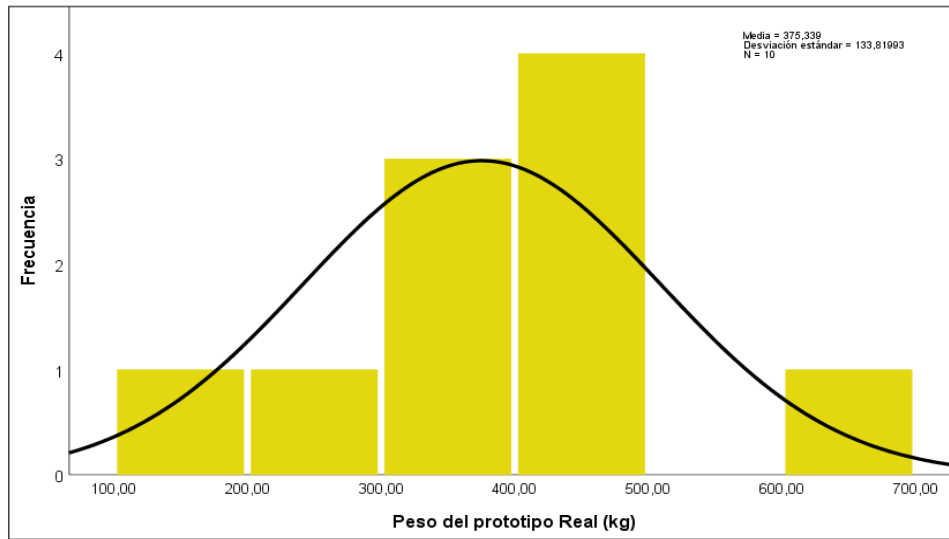
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Frecuencia del Peso del prototipo Real

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	197,64	1	10,0	10,0	10,0
	200,67	1	10,0	10,0	20,0
	317,86	1	10,0	10,0	30,0
	332,45	1	10,0	10,0	40,0
	398,43	1	10,0	10,0	50,0
	402,91	1	10,0	10,0	60,0
	408,20	1	10,0	10,0	70,0
	409,97	1	10,0	10,0	80,0
	411,49	1	10,0	10,0	90,0
	673,77	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Histograma del Peso del Prototipo en Tamaño Real



Fuente: Elaboración propia

El peso de los prototipos tiene una media de 373.88 kg y el coeficiente de variación es elevado 0.36, lo cual nos indica que la muestra es heterogénea al igual que cuando analizamos el área que ocupan los prototipos. Encontramos entonces una relación proporcional entre el área y el peso esto debido principalmente a que las distancias entre las piezas son las mismas en 8 de 10 prototipos (15cm) y en los otros dos la diferencia es poca, 18cm y 20cm. Estos prototipos se diseñaron así para garantizar la estabilidad del prototipo y que se generen espacios adecuados para sentarse y descansar. El prototipo a elegir debe rondar la media por el mismo motivo que el área, para garantizar espacios suficientes que den funcionalidad al módulo y que al no ser tan grandes faciliten su portabilidad.

D) Numero de planos en el eje x

Tabla 8: Estadísticos del Número de planos en el eje X

Numero de planos en el eje X		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		37,00
Mediana		36,00
Desv. Estándar		6,848
Varianza		46,889

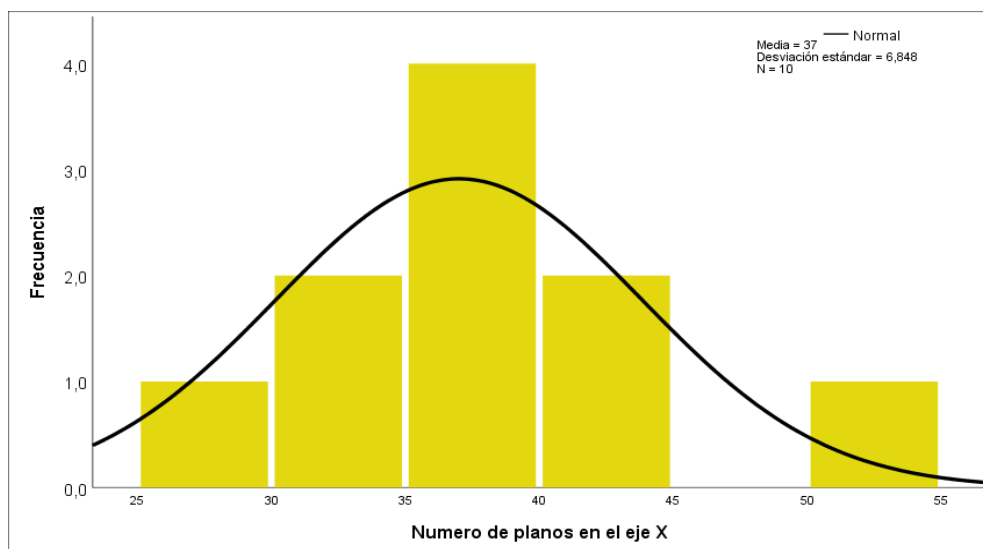
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Frecuencias del Número de planos en el eje X

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	26	1	10,0	10,0	10,0
	32	1	10,0	10,0	20,0
	33	1	10,0	10,0	30,0
	35	1	10,0	10,0	40,0
	36	2	20,0	20,0	60,0
	39	1	10,0	10,0	70,0
	40	1	10,0	10,0	80,0
	41	1	10,0	10,0	90,0
	52	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Histograma del Número de planos en el eje X



Fuente: Elaboración propia

El histograma presenta una distribución normal lo cual nos indica que la cantidad de planos (piezas) en el eje x, en la mayoría de diseños encuentra rondando la media (37), por lo que lo ideal sería escoger un prototipo cercano a esta media para su construcción en escala real. Esto garantiza que el prototipo elegido tenga el tamaño adecuado para generar espacios suficientes como mobiliario y que asimismo no sea demasiado grande comprometiendo su capacidad de transporte.

E) Numero de planos en el eje y

Tabla 11: Estadísticos del Número de planos en el eje Y

Numero de planos en el eje Y	
Media	33,50
Mediana	36,00
Desv. Estándar	6,621
Varianza	43,833
Coef. De Variación	0,197

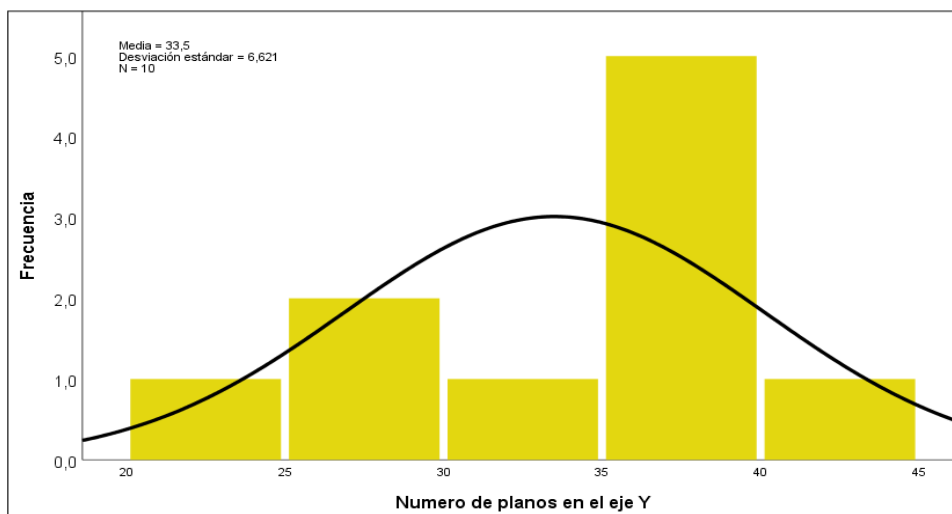
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Frecuencias del Número de planos en el eje Y

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	21	1	10,0	10,0	10,0
	25	1	10,0	10,0	20,0
	28	1	10,0	10,0	30,0
	34	1	10,0	10,0	40,0
	36	3	30,0	30,0	70,0
	39	2	20,0	20,0	90,0
	41	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 63: Histograma del Número de planos en el eje Y



Fuente: Elaboración propia

De igual manera que con los planos en el eje x, el histograma presenta una distribución normal lo cual nos indica que en la mayoría de diseños la cantidad de piezas en el eje Y se encuentra rondando la media (33.5). Esto además está corroborado por el coeficiente de variación (0,197) que nos indica que la variación entre prototipos es relativamente baja. Lo ideal sería escoger un prototipo cercano a esta media para su construcción a escala real por los mismos motivos expresados en la sección anterior.

F) Separación entre planos

Tabla 13: Estadísticos de la Separación entre planos

Separación entre planos (cm)		
N	Válido	10
	Perdidos	0
<hr/>		
Media		12,850
Mediana		12,000
Desv. Estándar		1,8864
Varianza		3,558
Coef. de Variación		0,147

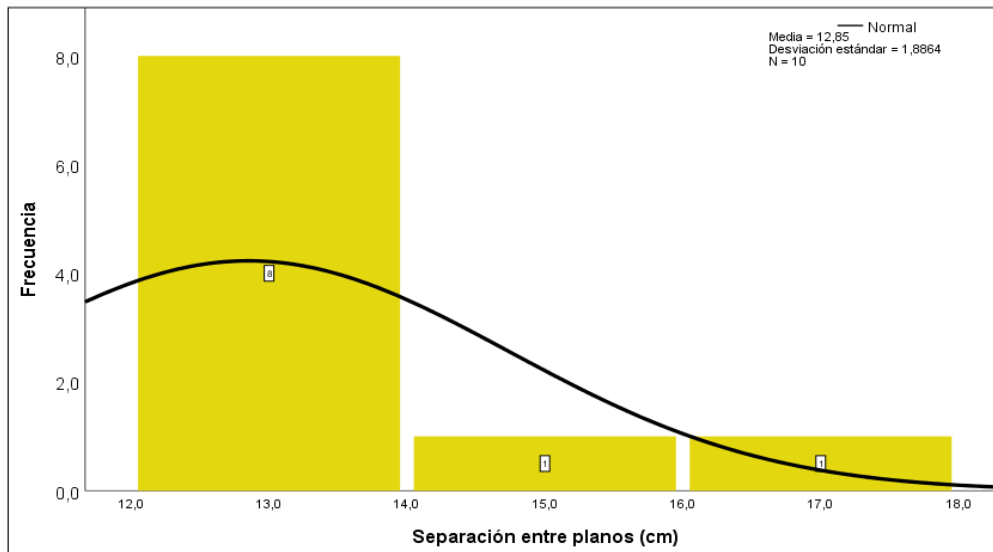
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Frecuencias de la Separación entre planos (cm)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	12,0	8	80,0	80,0	80,0
	15,0	1	10,0	10,0	90,0
	17,5	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 64: Histograma de la Separación entre planos



Fuente: Elaboración propia

El histograma nos presenta un sesgo positivo, el 80% de los prototipos tiene 12cm de separación entre planos. Esta característica del prototipo depende exclusivamente del diseñador. Se eligió esta medida para garantizar la estabilidad del prototipo y generar espacios adecuados para sentarse y descansar. Dos prototipos se diseñaron con otras separaciones para comprobar en la práctica si de esta manera se puede reducir la cantidad de material. Estos últimos prototipos al ser construidos demuestran que no son estables y que no generan los espacios apropiados para un mobiliario de las características deseadas.

G) Numero de uniones entre piezas

Tabla 15: Estadísticos de la cantidad de uniones entre piezas

Numero de uniones entre piezas del prototipo

Media	295,60
Mediana	293,50
Desv. Estándar	89,351
Varianza	7983,600

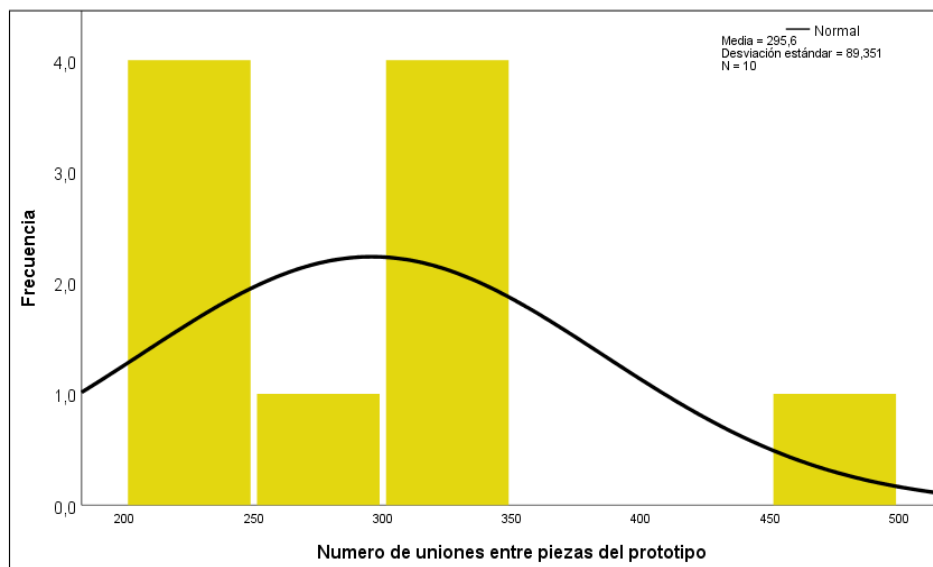
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Frecuencias del Número de uniones entre piezas del prototipo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	202	1	10,0	10,0	10,0
	206	1	10,0	10,0	20,0
	218	1	10,0	10,0	30,0
	247	1	10,0	10,0	40,0
	258	1	10,0	10,0	50,0
	329	1	10,0	10,0	60,0
	331	2	20,0	20,0	80,0
	339	1	10,0	10,0	90,0
	495	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 65: Histograma del Número de uniones entre piezas



Fuente: Elaboración propia

El histograma muestra un sesgo positivo, mostrando que la mayoría de valores están entre 200 y 350. Además, se evidencia un dato atípico, el prototipo B-1. El cual tiene muchas piezas más que el resto. Como ya se aclaró esto sucede pues para el diseño se tomó libertad para conseguir diferentes formas, una de las cuales resultó bastante densa en el intento de otorgarle mayor estabilidad estructural, generando bastantes encuentros y uniones entre piezas. Hay otros

prototipos con menor cantidad de piezas y por ende uniones que resultaron ser estables y rígidos (ver 5.1.5) por lo que se descarta este prototipo denso.

H) Área contenida en cortes Tamaño Real (m2)

Tabla 17: Estadísticos del área contenida en cortes – Tamaño Real

Área contenida en cortes -Tamaño Real (m2)	
Media	35,7800
Mediana	38,1950
Desv. Estándar	12,75710
Varianza	162,744
Coef. de Variación	0,36

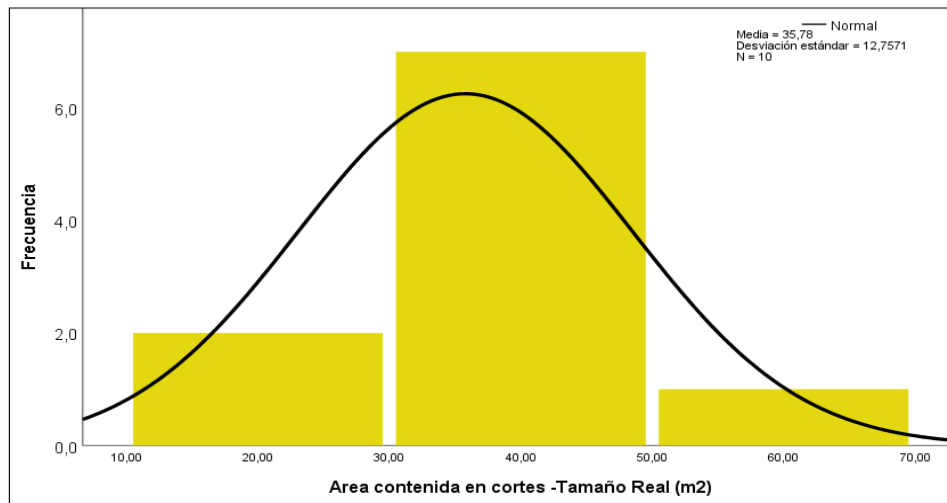
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Frecuencias del Área contenida en cortes -Tamaño Real

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	18,84	1	10,0	10,0	10,0
	19,13	1	10,0	10,0	20,0
	30,30	1	10,0	10,0	30,0
	31,69	1	10,0	10,0	40,0
	37,98	1	10,0	10,0	50,0
	38,41	1	10,0	10,0	60,0
	38,91	1	10,0	10,0	70,0
	39,08	1	10,0	10,0	80,0
	39,23	1	10,0	10,0	90,0
	64,23	1	10,0	10,0	100,0
Total		10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 66: Histograma del Área contenida en cortes -Tamaño Real



Fuente: Elaboración propia

El área contenida en cortes de los prototipos a escala real tiene por media 35.78 m2. El coeficiente de variación es de 0.36, el cual evidencia una muestra heterogénea. Esto como ya se explicó se debe a la amplia variedad formal con la que se diseñaron los prototipos. El prototipo elegido dentro de la muestra generada, debe encontrarse cerca a la media en cuanto a área contenida en cortes ya que asegura generar espacios suficientes como mobiliario y no ser tan grande que dificulte su transporte para su montaje.

5.1.2 Características Constructivas

A) Tiempo de fabricación (corte) del prototipo (mm:ss)

Tabla 19: Estadísticos del tiempo de fabricación (corte) del prototipo

Tiempo de fabricación (corte) del prototipo		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		25:44
Mediana		27:46
Desv. Estándar		07:19
Varianza		192955,378
Coef. de Variación		0,26

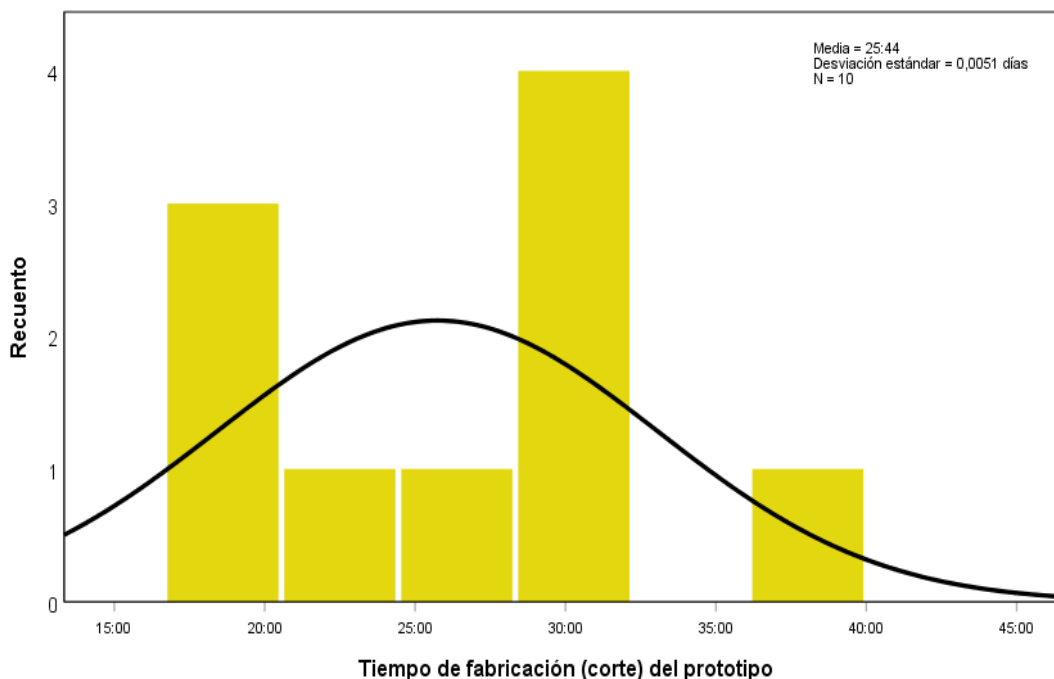
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Frecuencias del Tiempo de fabricación (corte) del prototipo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	16:58	1	10,0	10,0	10,0
	17:00	1	10,0	10,0	20,0
	17:15	1	10,0	10,0	30,0
	22:50	1	10,0	10,0	40,0
	26:42	1	10,0	10,0	50,0
	28:51	1	10,0	10,0	60,0
	29:11	1	10,0	10,0	70,0
	29:12	1	10,0	10,0	80,0
	29:33	1	10,0	10,0	90,0
	39:52	1	10,0	10,0	100,0
Total		10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 67: Histograma del Tiempo de fabricación (corte) del prototipo



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la media es de 25m44s para el tiempo de fabricación con la cortadora laser. Además, el coeficiente de variación es de 0.26, lo que indica que la muestra es relativamente heterogénea, al igual que la cantidad de piezas requeridas

para fabricar cada prototipo. Esto demuestra una variedad de configuraciones espaciales entre los diseños de los prototipos. Como se aprecia el tiempo de fabricación, la complejidad y la precisión obtenida se optimiza de manera exponencial en comparación con la manera tradicional de realizar esta tarea. El ahorro de tiempo permite al diseñador enfocarse más en mejorar su diseño y no tanto en producir el prototipo por lo que esta característica no presenta limitación alguna al momento de elegir uno de los prototipos para construirlo en tamaño real.

B) Tiempo de ensamblado del prototipo (hh:mm)

Tabla 21: Estadísticos del Tiempo de ensamblado del prototipo

Tiempo de ensamblado del prototipo		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		2:58
Mediana		3:02
Desv. Estándar		0:23
Varianza		1949160,000
Coef. de Variación		0,13

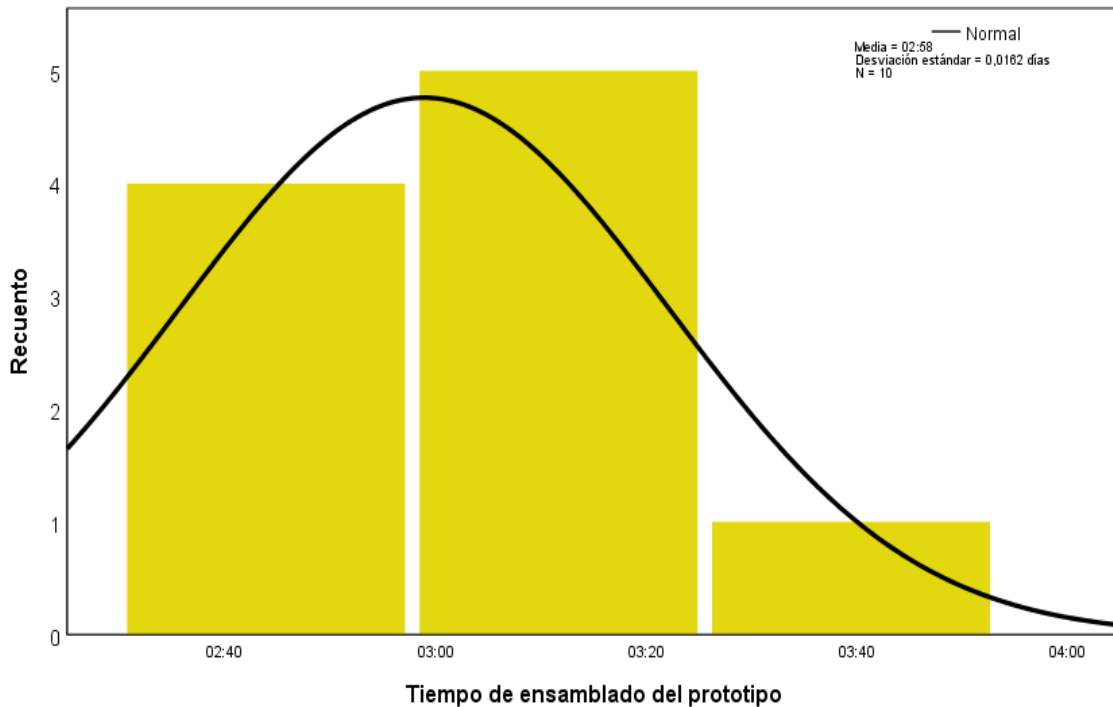
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Frecuencias del Tiempo de ensamblado del prototipo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	2:30	1	10,0	10,0	10,0
	2:31	1	10,0	10,0	20,0
	2:42	1	10,0	10,0	30,0
	2:47	1	10,0	10,0	40,0
	3:00	1	10,0	10,0	50,0
	3:05	2	20,0	20,0	70,0
	3:10	2	20,0	20,0	90,0
	3:49	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 68: Histograma del Tiempo de ensamblado del prototipo



Fuente: Elaboración propia

El histograma enseña un sesgo positivo mostrando que el 90% de prototipos se ensambla entre 2h40m y 3h20m, solo se presenta un dato atípico que pertenece al prototipo B-1. Como ya se indicó es el más denso de la muestra y se arma en 3h49m. La media que se tiene para el tiempo de ensamblado es de 2h58m54s, un tiempo adecuado considerando la cantidad de piezas con las que cuenta cada prototipo. De igual manera, el coeficiente de variación de 0.13 nos indica que la muestra es homogénea en cuanto al tiempo que tarda en ensamblarse. Lo cual indica que constructivamente los prototipos generados presentan las mismas características y dificultades para ensamblarse, en todos ellos se tuvo que buscar el punto de partida para ensamblarse, no se puede ensamblar desde cualquier pieza pues sino se presentan interferencias, esto fue algo general en todos los prototipos pues las formas son complejas. Por otro lado, esta característica no es excluyente al momento de evaluar que prototipo se construirá por que como se determinó la variación en el tiempo de ensamblado no resulta significativa.

C) Porcentaje de desperdicio de material por corte (Escala)

Tabla 23: Estadísticos del porcentaje de desperdicio de material por corte

Porcentaje de desperdicio por corte (Escala)	
Media	43,6620
Mediana	43,6250
Desv. Estándar	2,97818
Varianza	8,870
Coef. de Variación	0,068

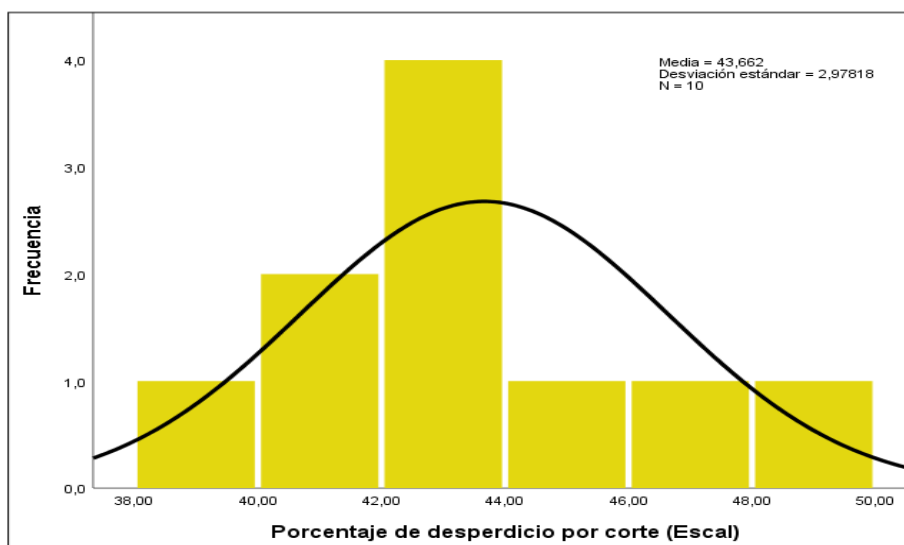
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Frecuencias del porcentaje de desperdicio de material por corte

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acum.
Válido	39,46	1	10,0	10,0	10,0
	40,96	1	10,0	10,0	20,0
	41,31	1	10,0	10,0	30,0
	42,33	1	10,0	10,0	40,0
	43,36	1	10,0	10,0	50,0
	43,89	2	20,0	20,0	70,0
	44,57	1	10,0	10,0	80,0
	47,66	1	10,0	10,0	90,0
	49,19	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 69: Histograma del porcentaje de desperdicio de material por corte



Fuente: Elaboración propia

El histograma nos muestra una distribución normal, lo cual evidencia que los prototipos forman una muestra homogénea sin presencia de datos atípicos. Esto se confirma con el coeficiente de variación, el cual es bastante bajo (0,068). Para la elección del prototipo lo ideal es que el desperdicio sea el mínimo posible. La media está en 43,66% de desperdicio, lo cual en sí es un porcentaje elevado, esto debido a las formas curvas poco convencionales de las piezas de la muestra.

D) Grado de portabilidad del prototipo para su montaje

Tabla 25: Estadísticos de la portabilidad del prototipo para su montaje

Que tan transportable es el
prototipo para su montaje

N	Válido	10
	Perdidos	0
Mediana		2,00
Moda		2
Rango		2

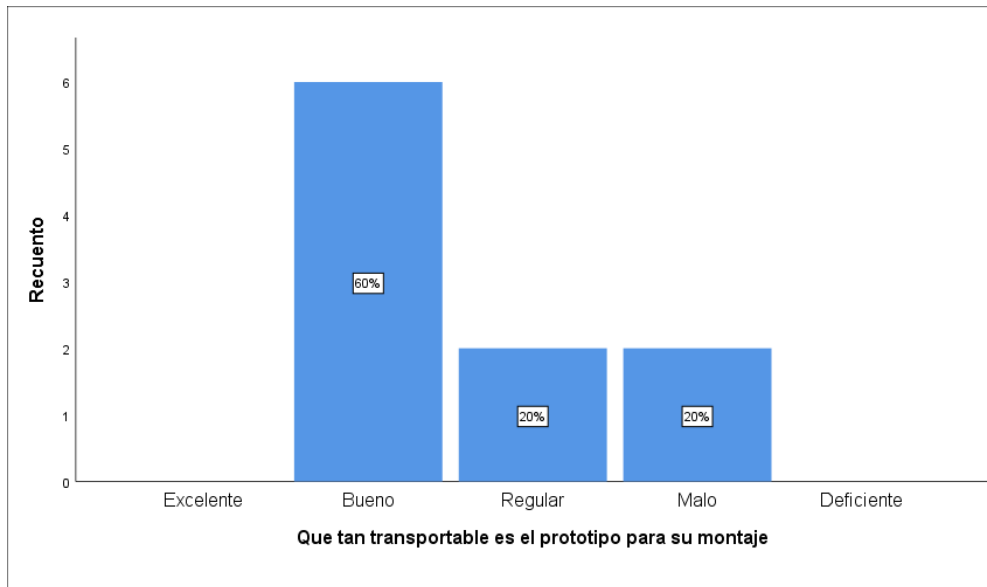
Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Frecuencias de la portabilidad del prototipo para su montaje

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bueno	6	60,0	60,0	60,0
	Regular	2	20,0	20,0	80,0
	Malo	2	20,0	20,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 70: Gráfico de barras de la portabilidad del prototipo para su montaje



Fuente: Elaboración propia

El análisis de esta característica se llevó a cabo a través del gráfico de barras pues el instrumento usado fue la escala de Likert. El gráfico nos muestra que el 60% de la muestra califica como bueno en cuanto a la portabilidad para su montaje. Esto indica que se consiguió diseñar múltiples prototipos que cumplan con este aspecto. Además no existen valores en los extremos de la escala de Likert por lo que no hay un prototipo que destaque pero tampoco hay prototipos que sean deficientes en este aspecto. Para elegir un prototipo es evidente que es necesario que el mismo califique como bueno en esta faceta.

5.1.3 Características Funcionales

A) El prototipo como mobiliario público

Tabla 27: Estadísticos de la calificación del prototipo como mobiliario público

El prototipo se comporta como mobiliario público	
N	Válido 10
	Perdidos 0
Mediana	2,00
Moda	2
Rango	2

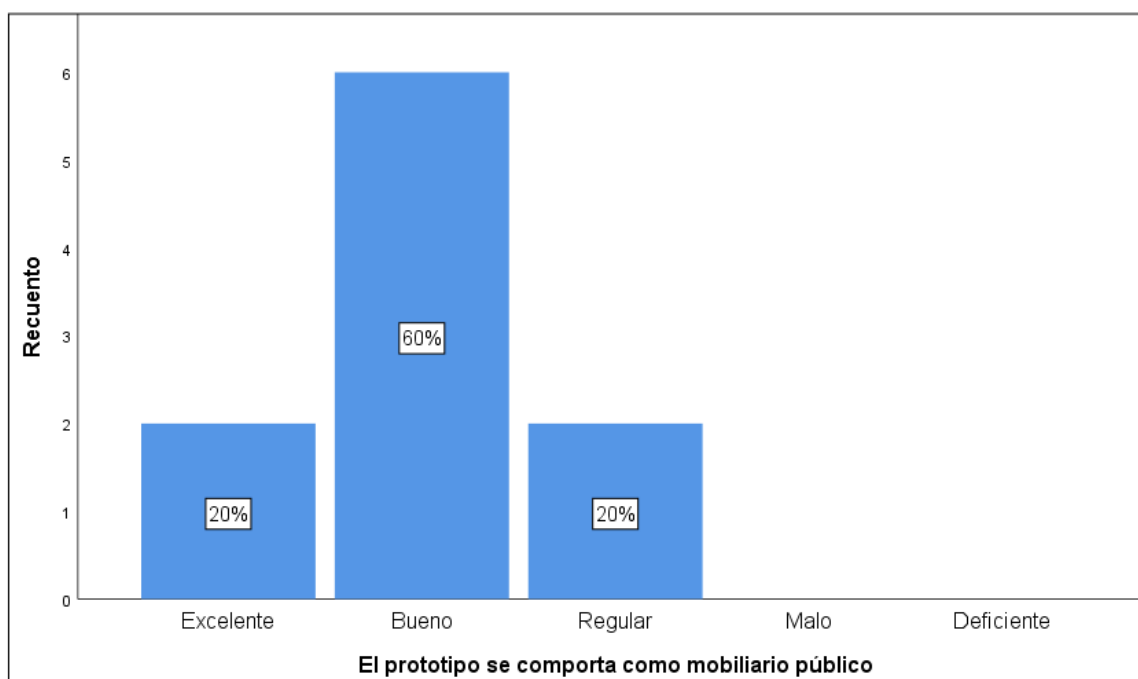
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Frecuencias de la calificación del prototipo como mobiliario público

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	2	20,0	20,0	20,0
	Bueno	6	60,0	60,0	80,0
	Regular	2	20,0	20,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 71: Gráfico de barras de la calificación del prototipo como mobiliario público



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de barras destaca por no presentar prototipos que califiquen de manera negativa. El 80% de la muestra califica como bueno o excelente. Esto indica que los diseños respondieron bien a esta faceta, esto debido a que fueron diseñados teniendo en cuenta esa función. Para llegar a esto la separación entre planos no debía ser mayor a 12cm con lo que se generan espacios adecuados para sentarse. Por otro lado, los prototipos que calificaron excelente son los ideales para su construcción ya que esta característica se midió en base a la escala de Likert.

B) Como califica el prototipo en función al clima

Tabla 29: Estadísticos de la clasificación del prototipo en función al clima

Como clasifica el prototipo en función al clima		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Mediana		3,00
Moda		3
Rango		3

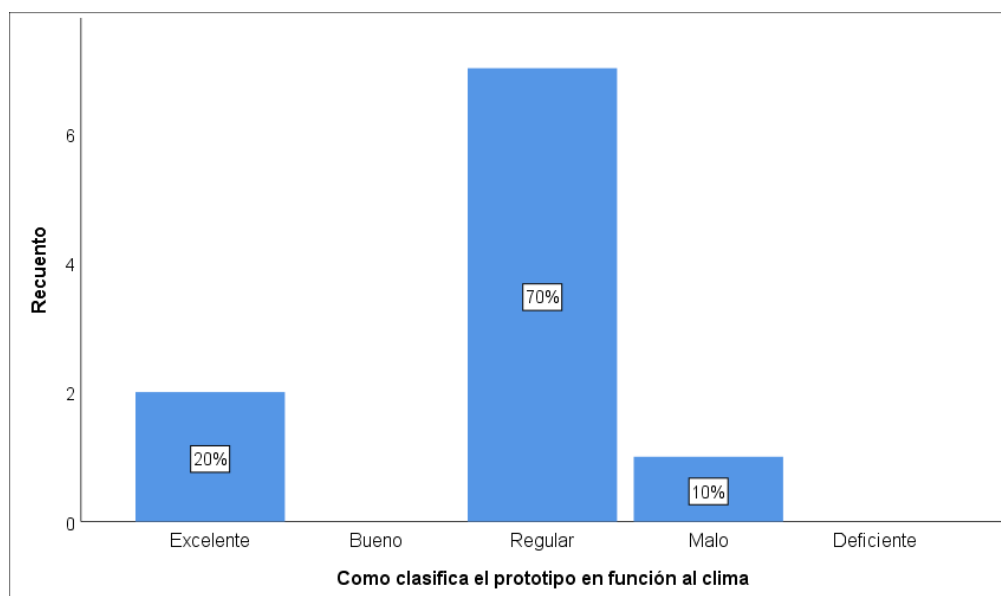
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Frecuencias de la clasificación del prototipo en función al clima

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	2	20,0	20,0	20,0
	Regular	7	70,0	70,0	90,0
	Malo	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 72: Gráfico de barras de la clasificación del prototipo en función al clima



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de barras nos muestra que la amplia mayoría (70%) de prototipos califican como regulares en función al clima. Esto nos evidencia que para la muestra esta característica trajo dificultades, especialmente la cobertura es un tema importante de analizar para conseguir mejores diseños. La dificultad principal se encuentra en integrar dos materiales y dos formas de construir. La técnica del seccionado genera formas innovadoras y no convencionales, el reto está en integrar esto con una cobertura de policarbonato que se construye de la manera tradicional. Existen 2 prototipos que calificaron como excelentes en este aspecto por lo que lo lógico indica que uno de estos sea el elegido para su posterior construcción

C) El prototipo es compatible a conexiones electrónicas

Tabla 31: Estadísticos de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas

El prototipo es compatible a conexiones

N	Válido	10
	Perdidos	0
Mediana		2,00
Moda		2
Rango		1

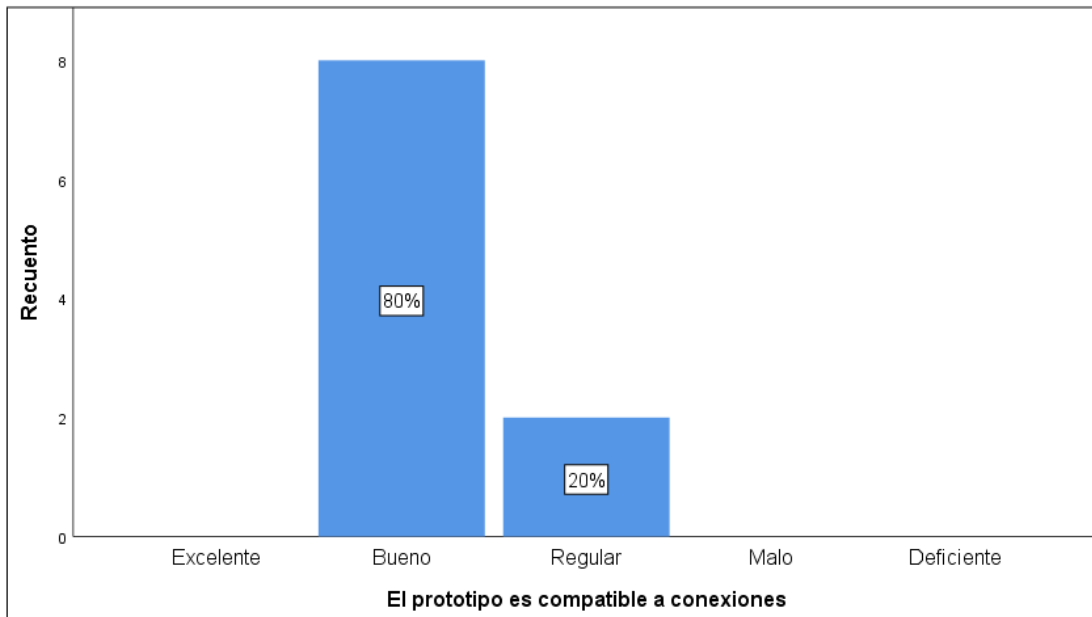
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Frecuencias de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bueno	8	80,0	80,0	80,0
	Regular	2	20,0	20,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 73: Gráfico de barras de la compatibilidad del prototipo con conexiones eléctricas



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de barras nos muestra que la amplia mayoría (80%) de prototipos califican como compatible a conexiones eléctricas. Es necesario calar algunas piezas para dotar al módulo de una toma para electricidad. Los módulos que califican como regulares son los que requieren más agujeros en las piezas para lograr este propósito. Lógicamente los prototipos que califican como buenos son ideales para su posterior construcción desde el análisis de este aspecto.

5.1.4 Características formales

A) Calificación de la forma del prototipo según su función

Tabla 33: Estadísticos de la Calificación de la forma del prototipo según su función

Como clasifica la forma del prototipo según su función		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Mediana		2,00
Moda		2
Rango		1

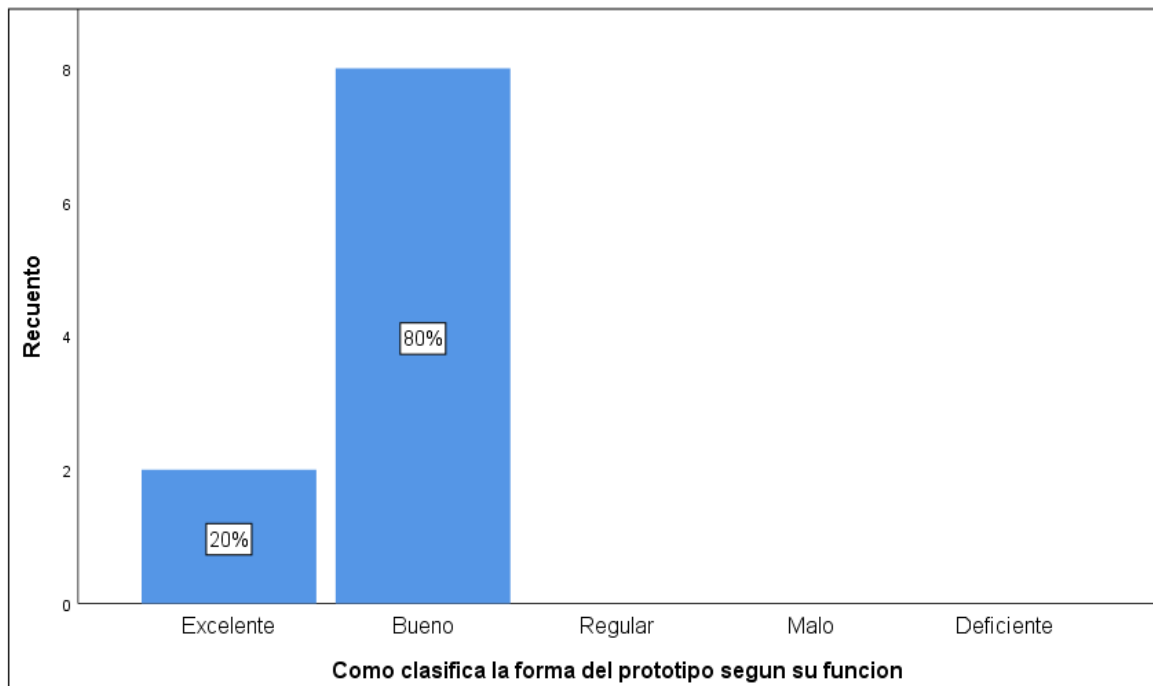
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Frecuencias de la Calificación de la forma del prototipo según su función

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	2	20,0	20,0	20,0
	Bueno	8	80,0	80,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 74: Gráfico de barras de la Calificación de la forma del prototipo según su función



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de barras nos indica que todos los elementos de la muestra califican como buenos o excelentes en cuanto a forma según la función. Esto evidencia una de las características propias de la fabricación digital, la de permitir diseñar y construir formas no convencionales, orgánicas, estéticamente agradables. La muestra nos brinda una amplia variedad para elegir cuál de los prototipos se llegará a construir, lógicamente lo ideal es escoger uno de los prototipos que califican como excelentes.

5.1.5 Características estructurales

A) Estabilidad y rigidez del prototipo

Tabla 35: Estadísticos de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez

El prototipo es estable y rígido		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Mediana		2,00
Moda		2
Rango		2

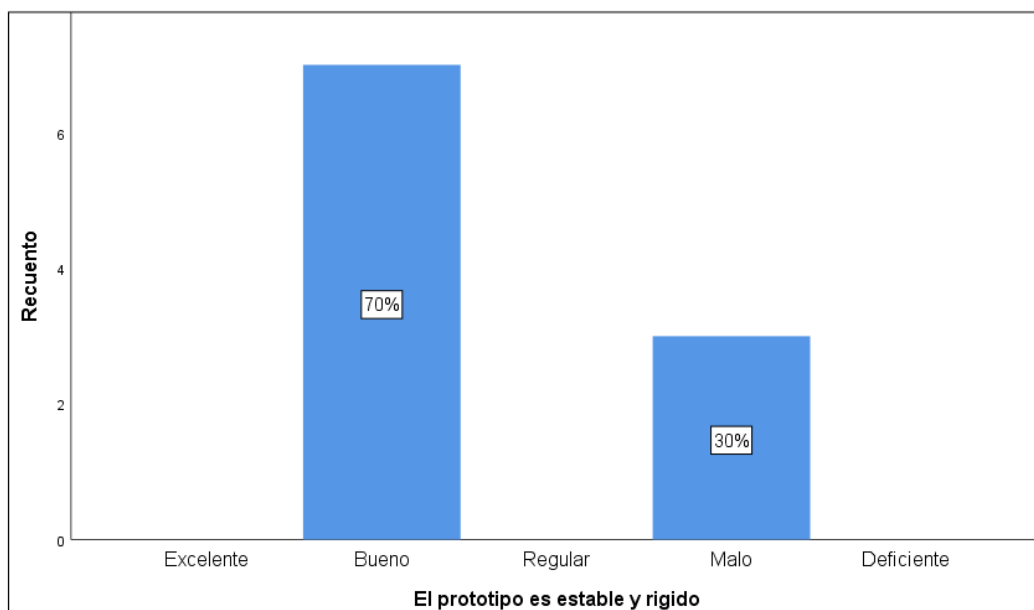
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Frecuencias de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bueno	7	70,0	70,0	70,0
	Malo	3	30,0	30,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 75: Gráfico de Barras de la calificación del prototipo en cuanto a estabilidad y rigidez



Fuente: Elaboración propia

El gráfico de barras nos indica que esta característica no presenta términos medios. La amplia mayoría (70%) de la muestra es de prototipos estables y rígidos. Esto descarta los otros 3 prototipos que no resultaron aptos para su construcción en tamaño real desde este aspecto.

5.2 Discusión de resultados y prototipo seleccionado

El análisis estadístico nos demuestra que el prototipo que brinda las mayores prestaciones es el que lleva por código B-04. A continuación, se presenta una tabla con las características del prototipo elegido.

Tabla 37: Características del prototipo seleccionado

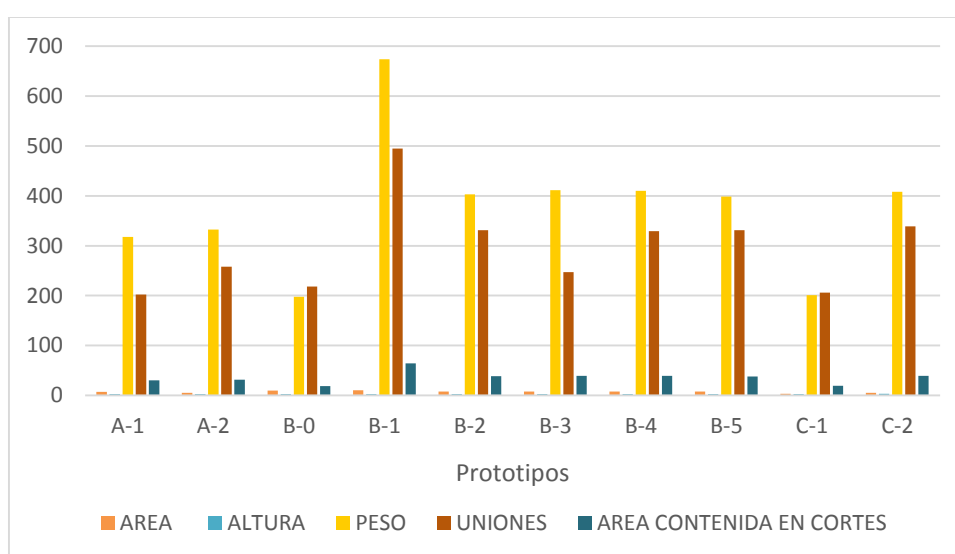
PROTOTIPO SELECCIONADO: B-04		
CARACTERISTICAS		VALOR
Constructivas	Tiempo de fabricación (mm:ss)	29:12:00
	Tiempo de ensamblado (hh:mm)	03:05
	Porcentaje de desperdicio (%)	42,33
	Transportable (Likert)	Excelente
Físicas	Área (m2)	7.5
	Altura (m)	2.36
	Peso (kg)	409.97
	Uniones	329
	Separación (cm)	12
	Numero planos x	39
	Numero planos y	36
	Área de cortes - Tamaño real(m2)	39.08
Funcionales	Mobiliario (Likert)	Excelente
	Clima (Likert)	Excelente
	Conexiones (Likert)	Bueno
Forma	Forma (Likert)	Excelente
Estabilidad	Estabilidad (Likert)	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

Las características físicas son propias del diseño y son las que finalmente determinan que tan bueno es un prototipo desde el punto de vista constructivo,

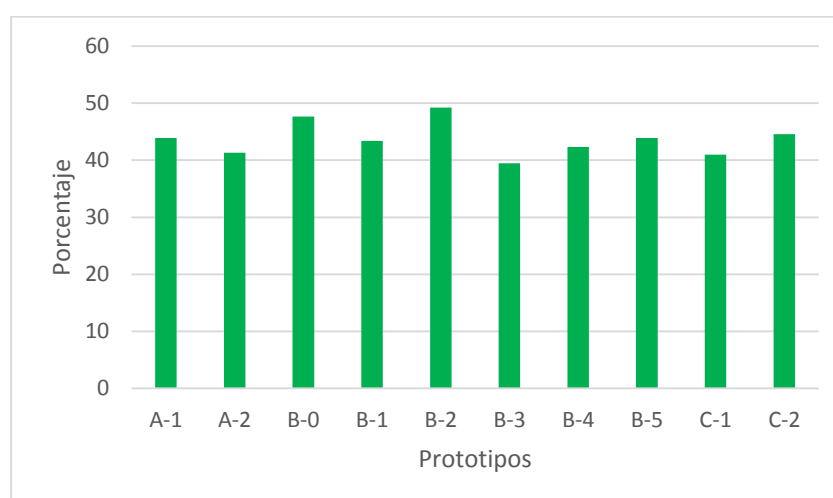
funcional, formal y de estabilidad. Por lo tanto, fueron estas características físicas, y que son susceptibles a ser medidas cuantitativamente las que definen que prototipo presenta mejores atributos. Como lo demostró el análisis estadístico varios prototipos resultaron aptos para su posterior construcción y algunos otros son susceptibles a ser mejorados digitalmente para poder ser potencialmente construidos a posterioridad. Esto es evidencia de la retroalimentación existente entre diseño y construcción y que es una de las ventajas de la fabricación digital, expresado en el marco teórico.

Figura 76: Gráfico de Resumen Datos Cuantitativos de la muestra



Fuente: Elaboración Propia

Figura 77: Gráfico de Porcentajes de Desperdicio por corte



Fuente: Elaboración Propia

Como se observó en el análisis estadístico y en la figura de resumen de datos cuantitativos de la muestra, los prototipos B-4, B-5 y A-2 son los que presentan valores cuantitativos dentro de la media, lo que garantiza que presenten espacios suficientes tanto para el módulo informático como para sentar y descansar, así como que tengan un tamaño promedio, no muy grande lo que facilita su portabilidad y construcción. Además, estos prototipos presentan menor porcentaje de desperdicio por corte. Esto demuestra que es posible diseñar espacios arquitectónicos no convencionales por medio de la fabricación digital que sean funcionales y constructivamente capaces de materializarse. Para determinar el prototipo seleccionado se recurrió entonces a las características cualitativas.

Desde que las tecnologías de fabricación digital se implementaron dentro de las técnicas para el diseño y la construcción se ha revolucionado ampliamente el campo de la fabricación, es mediante esta tecnología que permite transformar los bytes en átomos, que podemos diseñar un espacio arquitectónico y cuyas cualidades formales pueden valorar mediante el uso de un instrumento de valoración de cualidades formales y espaciales que se pueden comparar para poder seleccionar el mejor prototipo.

Tabla 38: Instrumento de valoración de características cualitativas

Código de prototipo	El prototipo se comporta como mobiliario Público	Como clasifica el prototipo en función al clima	Que tan transportable es el prototipo para su montaje	Como clasifica la forma del Prototipo según su función	El prototipo es compatible a conexiones eléctricas	El prototipo es estable y rígido	Valoración de prototipos
A-1	R	R	R	B	B	M	1
A-2	B	R	R	B	B	M	2
B-0	R	R	B	B	B	M	2
B-1	B	M	M	B	B	B	2
B-2	B	R	B	B	B	B	4
B-3	B	R	B	E	B	B	5
B-4	E	E	B	E	B	B	9
B-5	E	E	B	B	B	B	8
C-1	B	R	B	B	B	B	5
C-2	B	R	M	B	B	B	3

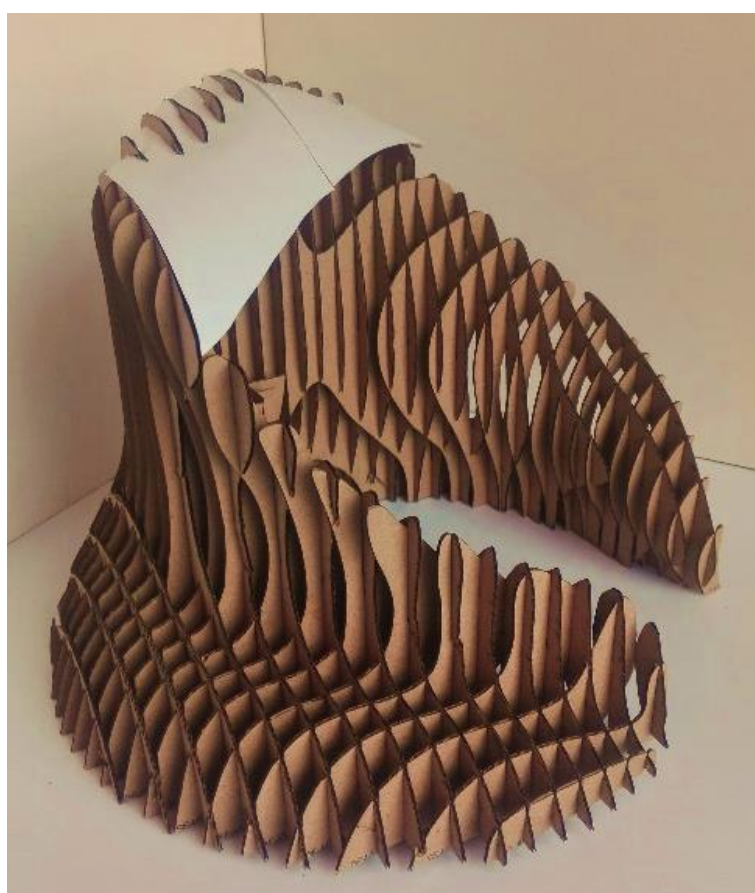
	Factor negativo en el desempeño del Bloque	-1
	Factor positivo en el desempeño del Bloque	1
	Factor neutro en el desempeño del Bloque	0
	Factor neutro en el desempeño del Bloque	2

Fuente: Elaboración Propia

Mediante este cuadro de valoración, podemos determinar las mejores cualidades de entre los prototipos para su fabricación y propuesta final. Como se

evidencia los prototipos B-4 y B-5, son prototipos óptimos tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, por lo que seleccionamos el que alcanza la mejor valoración (B-4) en los cuales se evidencia un mejor resultado con respecto a otros modelos, no solo valorando sus cualidades formales, porque existe un respaldo estadístico y cuantitativo que también nos permitió la selección del prototipo óptimo para la construcción, esto respalda los resultados de esta investigación. El prototipo elegido mejora al prototipo B-5 en cuanto a su forma ya que integra mejor la cobertura con el diseño del módulo.

Figura 78: Prototipo seleccionado B-4



Fuente: Propia

Kolarevic que fue citado en los antecedentes de la presente investigación concluyó en su artículo científico que la fabricación digital produce modelos de diseño capaces de transformación consistente, continua y dinámica están remplazando las normas estáticas de los procesos convencionales. El plano ya no

"genera" el diseño; las secciones arquitectónicas alcanzan un papel puramente analítico. Las rejillas, las repeticiones y las simetrías pierden su razón de ser anterior, ya que la variabilidad infinita se hace tan factible como la modularidad y como la personalización masiva ofrece alternativas a la producción en masa (KOLAREVIC, 2001). En ese sentido, la generación de los prototipos permite comprobar que su proceso de diseño es dinámico, los equipos de prototipado permiten un proceso circular entre diseño y construcción. Los planos no sirvieron para generar el diseño sino la forma misma, el modelado digital de una forma 3D y no una vista bidimensional. Asimismo la técnica constructiva se genera de manera digital y trabajando con vistas en perspectiva.

Sass en su artículo "Synthesis of design production with integrated digital fabrication" introdujo las bases para la metodología aplicada en la presente investigación. Una de sus conclusiones es que la posibilidad de generar modelos a escala refleja mejor la función, estructura y comportamiento como restricciones realistas en el diseño ya que se relacionan con el mundo físico (SASS, 2006). Se mencionó en esta investigación que los prototipos digitales permiten corregir en la computadora pero la fabricación digital tiene equipos que producen tanto prototipos físicos como construir a escala real. El hecho de generar prototipos a escala en la cortadora laser permitió evaluar mejor la forma, función y como se comportaría estructuralmente el prototipo. De igual manera solo con prototipos físicos se pudo determinar mejoras en los diseños que permitan el ensamblado tanto a escala como en tamaño real.

Por último Pérez Mendoza luego de presentar diversos precedentes de estructuras portables en su tesis de investigación concluye que crear un elemento transportable y transformable busca llenar la necesidad cambiante del ser humano ya que se debe adaptar a la necesidad de las personas y a la necesidad del momento (PEREZ MENDOZA, 2014). Es precisamente esta capacidad de ser portable la que dinamiza la funcionalidad del elemento diseñado. La posibilidad de poder reubicarse así como los múltiples usos que se le puede dar (multifuncionalidad) permite que este mobiliario se adapte fácilmente a las necesidades cambiantes del ser humano.

CAPITULO VI

DESARROLLO DEL PROTOTIPO SELECCIONADO

6.1. Material y equipo a utilizarse

En la fabricación digital el material depende de la técnica a utilizarse. En esta investigación al haberse optado por el seccionado, el material debe venir en presentación de plancha (pieza 2D). El plywood al ser formado por una serie de capas de madera contrapuestas entre sí, encoladas y prensadas, presenta una buena resistencia pese a su ligereza. Este material es ampliamente utilizado para mobiliarios y construcciones de similares dimensiones en los que se aplica la técnica del seccionado.

Asimismo, es necesario determinar el espesor del material antes de hacer los encajes digitalmente pues, el ancho del encaje lo determina el espesor del material. Para el módulo informático se utilizará el plywood de 15mm de espesor ya que la distancia entre piezas y este espesor elegido garantizan la estabilidad estructural del módulo y la funcionalidad de mobiliario para sentarse y descansar que también presenta el módulo diseñado. La medida comercial para esta plancha es de 1.22m x 2.44m, el equipo que trabaja con este material y dimensiones es la ruteadora CNC. De igual manera, para prolongar el tiempo de vida útil del prototipo es necesario aplicar barniz de poliuretano con base en aceite para protegerlo de los rayos UV y la lluvia.

Tabla 39: Características del plywood

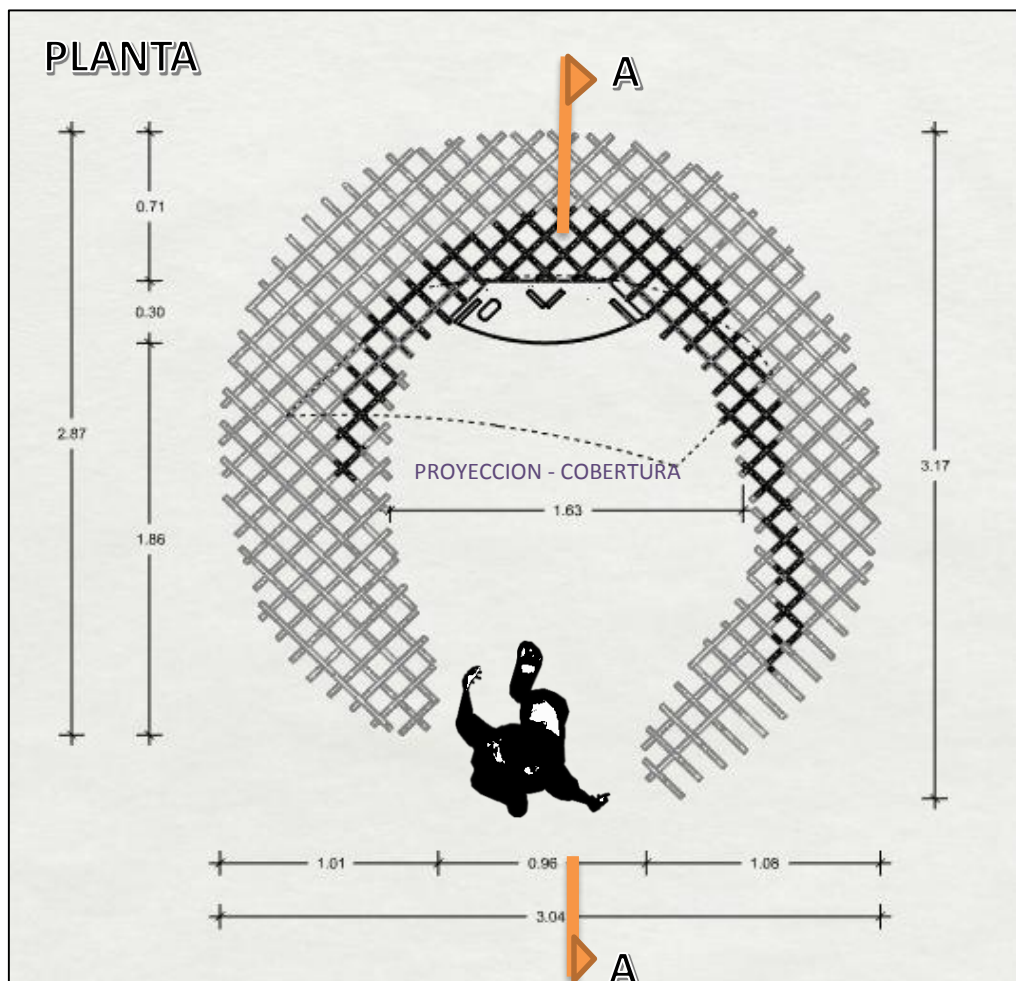
PLYWOOD (E=15mm)	
CARACTERISTICA	VALOR
Peso específico (kg/m ²)	10.49
Dimensiones plancha (m)	1.22 x 2.44

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Planos arquitectónicos

El prototipo presenta dimensiones de 3.17m de fondo y 3.04m de ancho. El ingreso al mismo presenta un ancho de 0.96m, el cual garantiza el acceso de una persona con discapacidad, de igual manera interiormente presenta una forma parecida a una circunferencia de diámetro 1.63m, por lo cual asegura el radio de giro de una silla de ruedas.

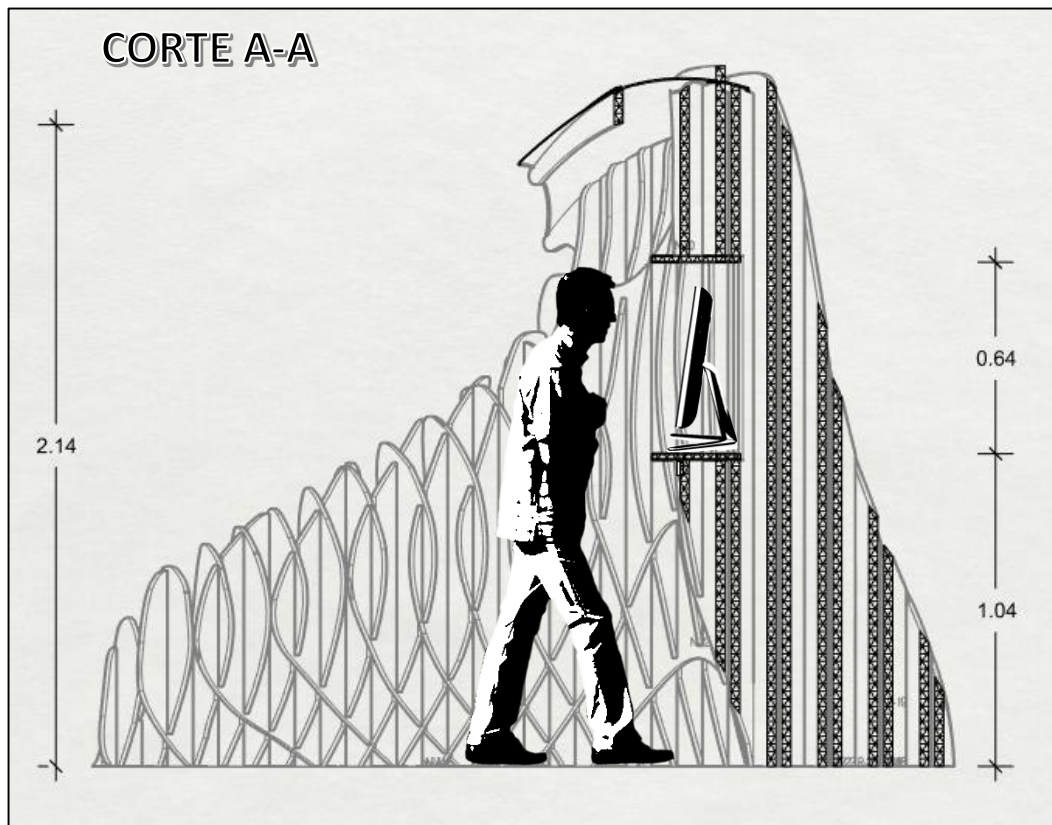
Figura 79: Planta de Módulo Informático



Fuente: Elaboración Propia en el software Rhinoceros V. 5.0

La plataforma donde se ubica la computadora se ubica 1.04m de altura, interiormente pueden acceder hasta 3 personas en cola. La cobertura protege la zona donde se ubica la computadora.

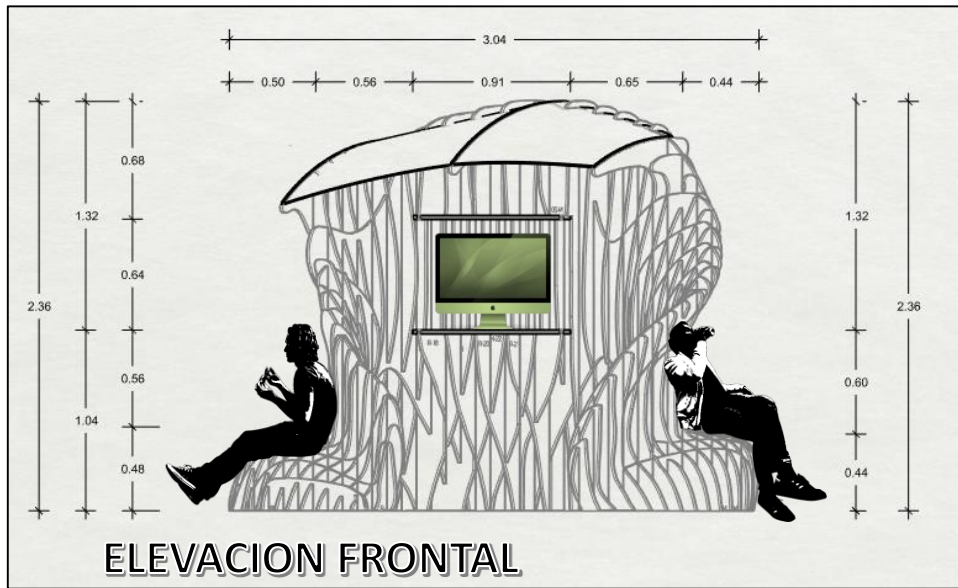
Figura 80: Corte arquitectónico del Módulo Informático



Fuente: Elaboración Propia en el software Rhinoceros V. 5.0

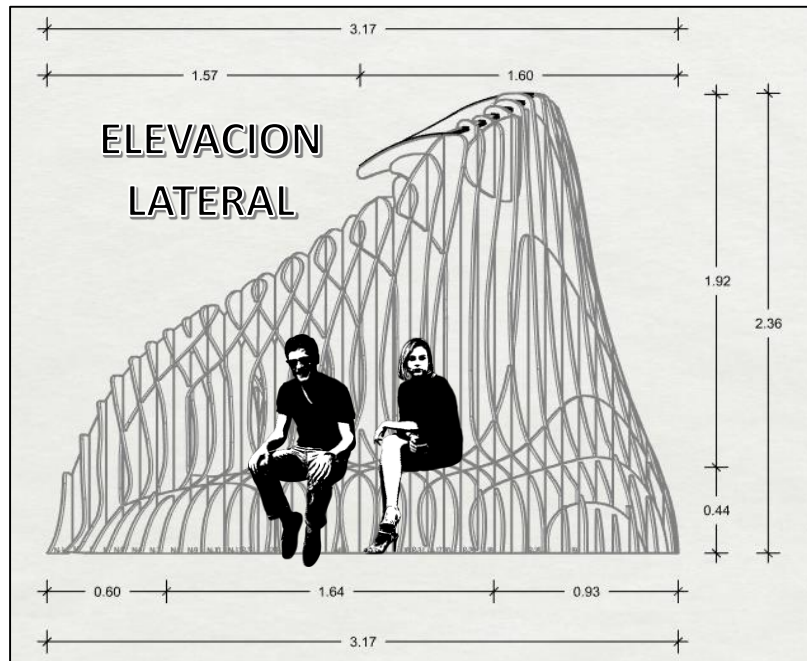
Como se aprecia en la elevación frontal, a ambos lados del módulo exteriormente se generan espacios interactivos para sentarse, compartir diferentes experiencias, comer, tener algunas reuniones pequeñas.

Figura 81: Elevación Frontal del Módulo Informático



Fuente: Elaboración Propia en el software Rhinoceros V. 5.0

Figura 82: Elevación Lateral del Módulo Informático



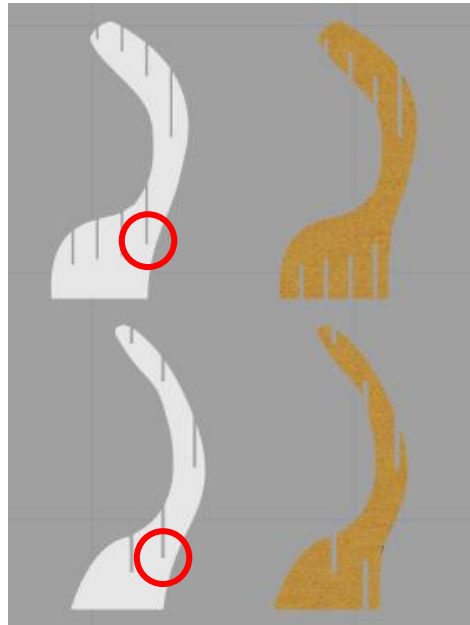
Fuente: Elaboración Propia en el software Rhinoceros V. 5.0

6.3. Corrección final de piezas con puntos críticos

Como se analizó en el capítulo IV, en el proceso de diseño de los encajes entre piezas, el calado de estos encajes produce puntos críticos en las piezas. Como

parte del proceso de retroalimentación entre diseño y construcción (de modelos a escala) estos puntos críticos deben resolverse para que la construcción (a escala real) no presente deficiencias.

Figura 83: Corrección de puntos críticos en piezas



Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la fig. 78 algunas piezas quedan debilitadas debido al calado, para corregir estos puntos críticos se debe ensanchar un poco la pieza en estas zonas para reforzar el área.

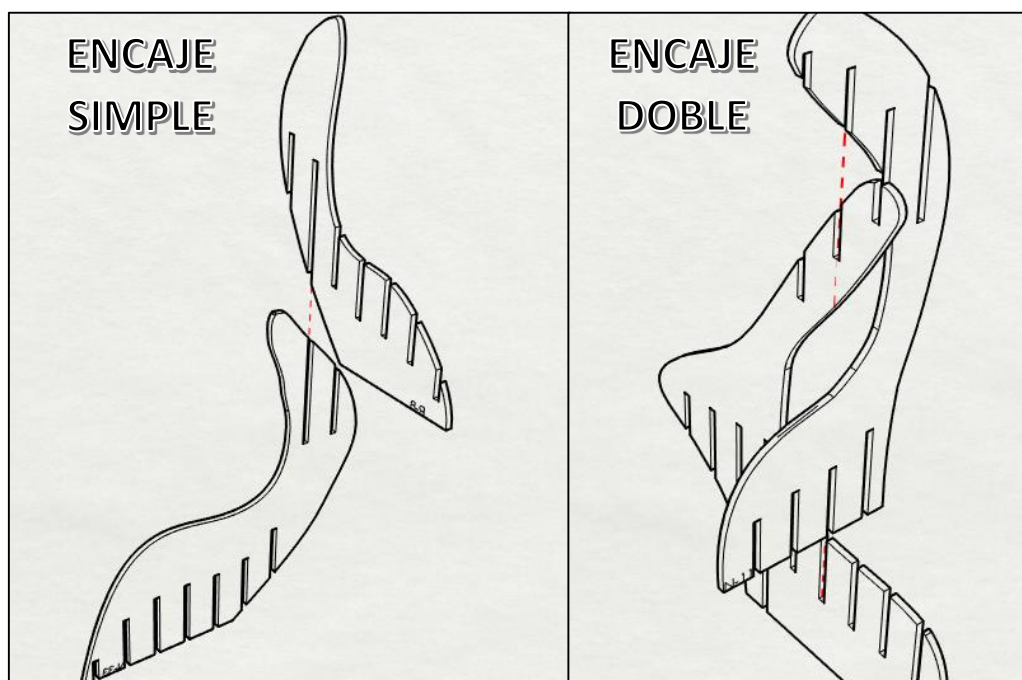
6.4. Proceso de ensamblado

Para determinar la mejor manera de proceder con el ensamblado se debe considerar las dimensiones y pesos de las piezas con las que se construirá el diseño en escala real. Las piezas más grandes de este diseño tienen longitudes de casi 2.40m en su dimensión más grande y pesos de entre 10 y 15kg. Estos datos condicionan la manera de ensamblar el módulo informático.

Al ensamblar este tipo de diseños en los que se intersectan piezas perpendicularmente, por lo general las piezas orientadas al eje X, se calan en la parte superior, y las piezas orientadas en el eje Y, se calan en la parte inferior, para que las piezas con calado superior se ubiquen en posición y las piezas con calado

inferior “caigan” intersectándose con las ya ubicadas. Esto puede realizarse en diseños donde las piezas solo tengan una intersección entre las mismas (encaje simple) pero diseños más complejos como es el caso de esta investigación presentan piezas que se intersectan 2 veces entre ellas (encaje doble) lo cual produce interferencias entre piezas si se procede a ensamblar como se hace generalmente (explicado líneas arriba).

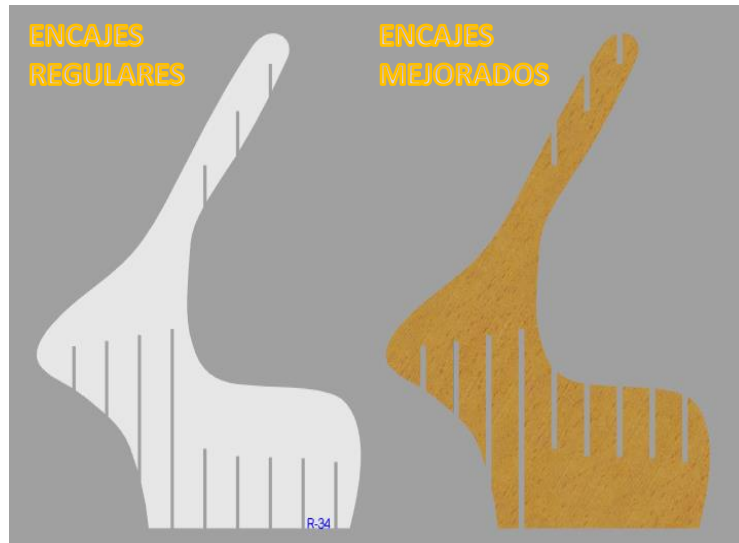
Figura 84: Piezas con encaje simple y doble



Fuente: Elaboración Propia

Para superar estas interferencias es necesario determinar un orden de piezas para el ensamblado. Esto a su vez produce otro inconveniente, algunas piezas tienen que ensamblarse desde abajo. Por las dimensiones y pesos de las piezas, como ya se explicó, esto no es apropiado ya que se dificulta demasiado el ensamblado. Para resolver esto es necesario calar el encaje siguiendo el orden de ensamblado lo cual produce piezas con calados tanto en la parte superior como en la inferior (ver fig. 78) y posibilita el ensamblado en el cual las piezas “caen” una a una en un orden predeterminado.

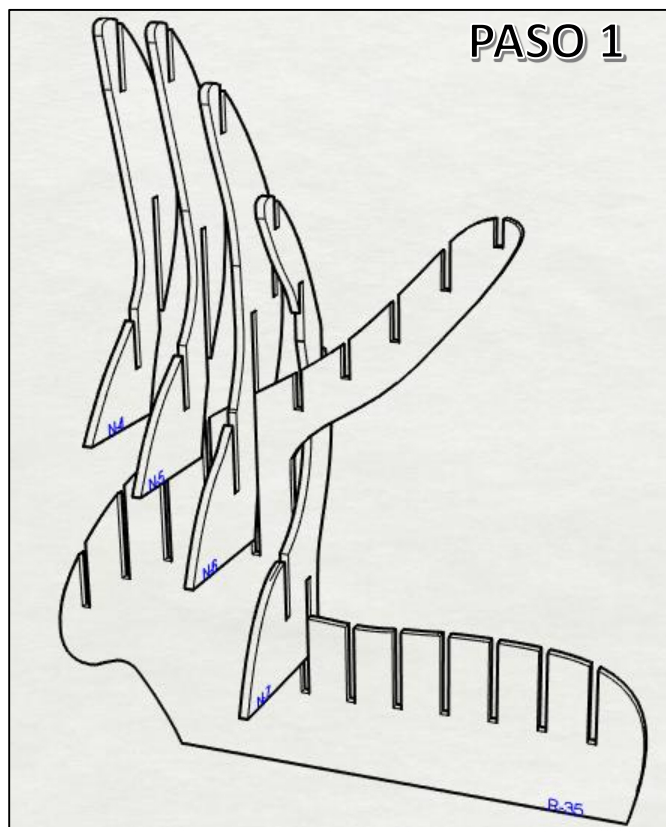
Figura 85: Pieza con encajes regulares y encajes mejorados



Fuente: Elaboración propia

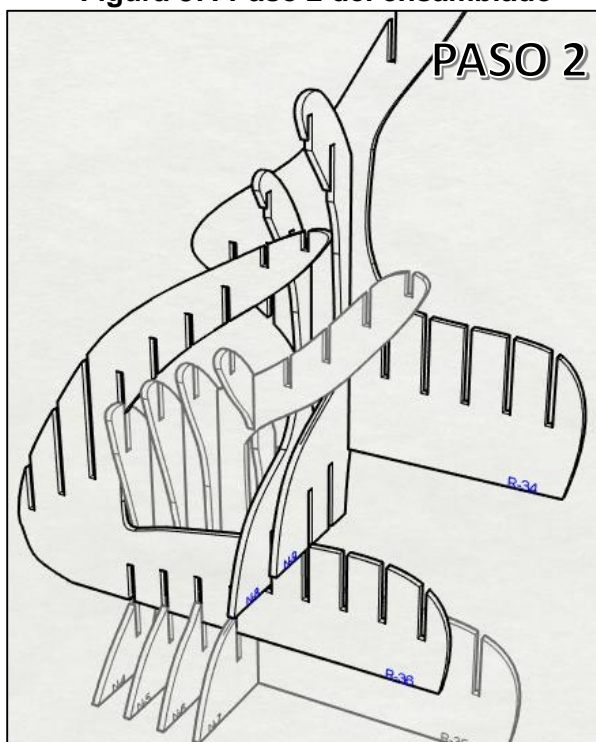
Este proceso de ensamblado se visualiza a continuación en las figuras 86 al 108.

Figura 86: Paso 1 del ensamblado



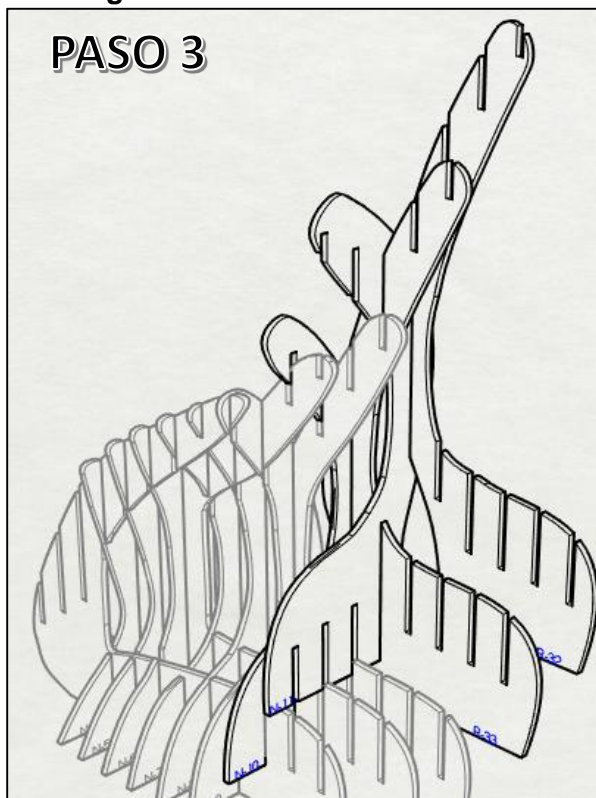
Fuente: Elaboración propia

Figura 87: Paso 2 del ensamblado



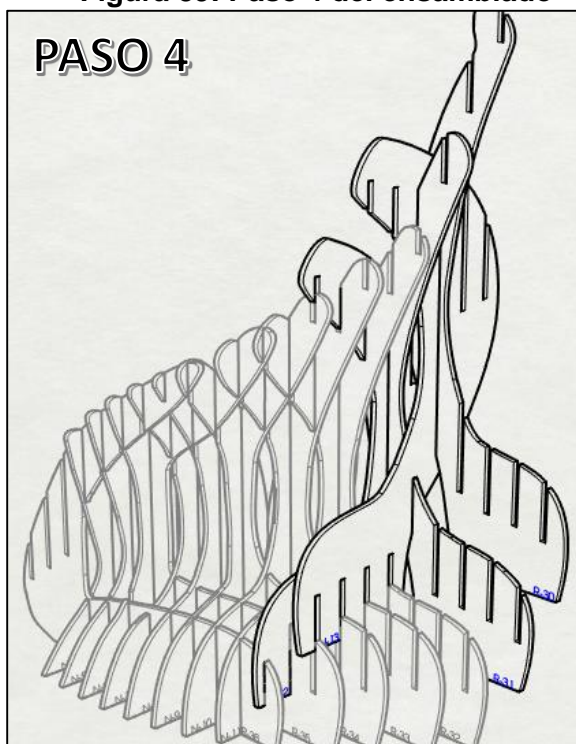
Fuente: Elaboración propia

Figura 88: Paso 3 del ensamblado



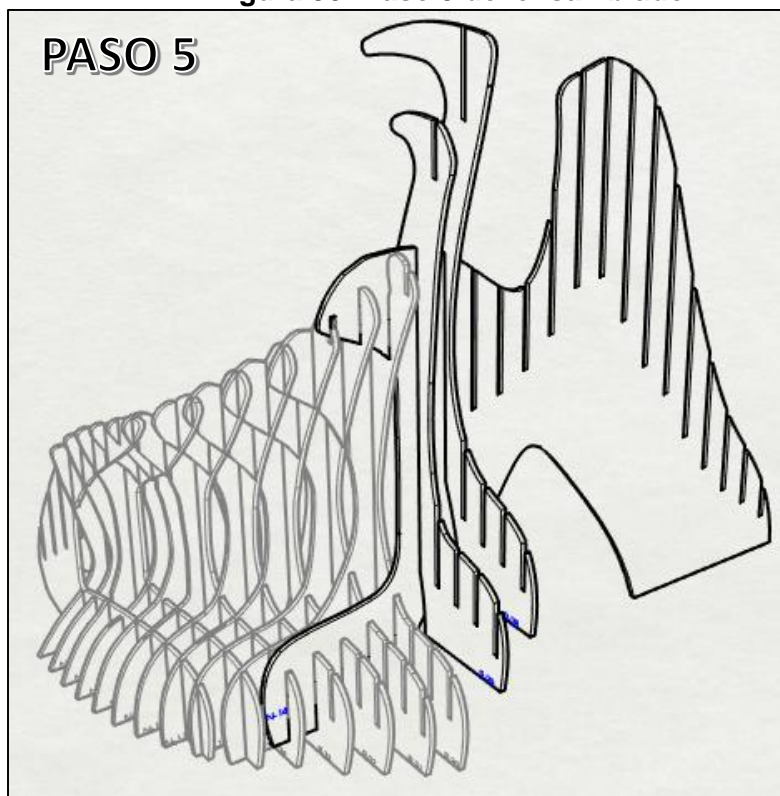
Fuente: Elaboración propia

Figura 89: Paso 4 del ensamblado



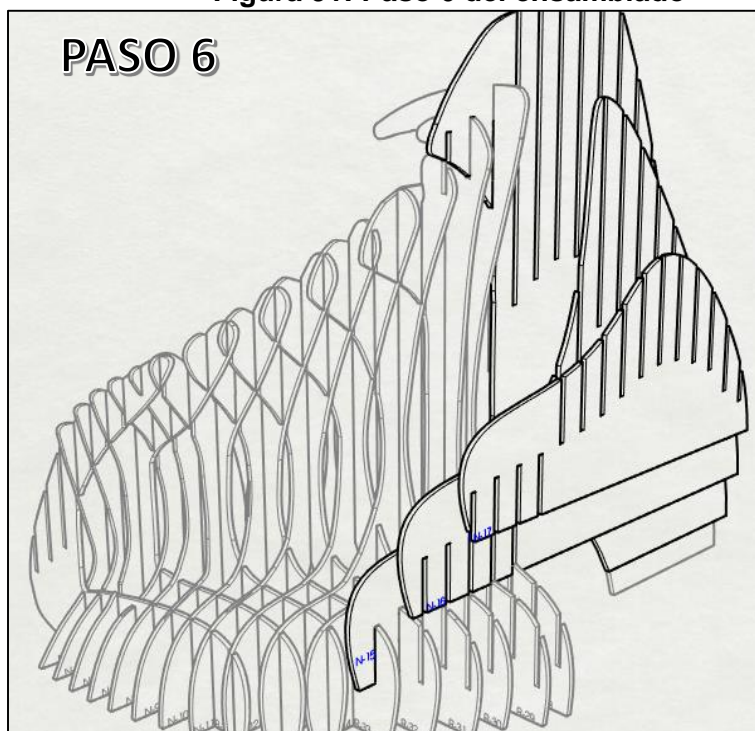
Fuente: Elaboración propia

Figura 90: Paso 5 del ensamblado



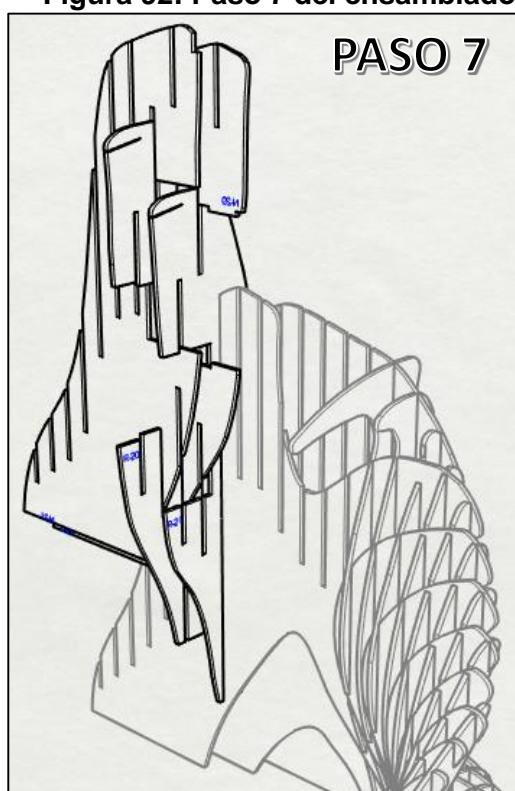
Fuente: Elaboración propia

Figura 91: Paso 6 del ensamblado



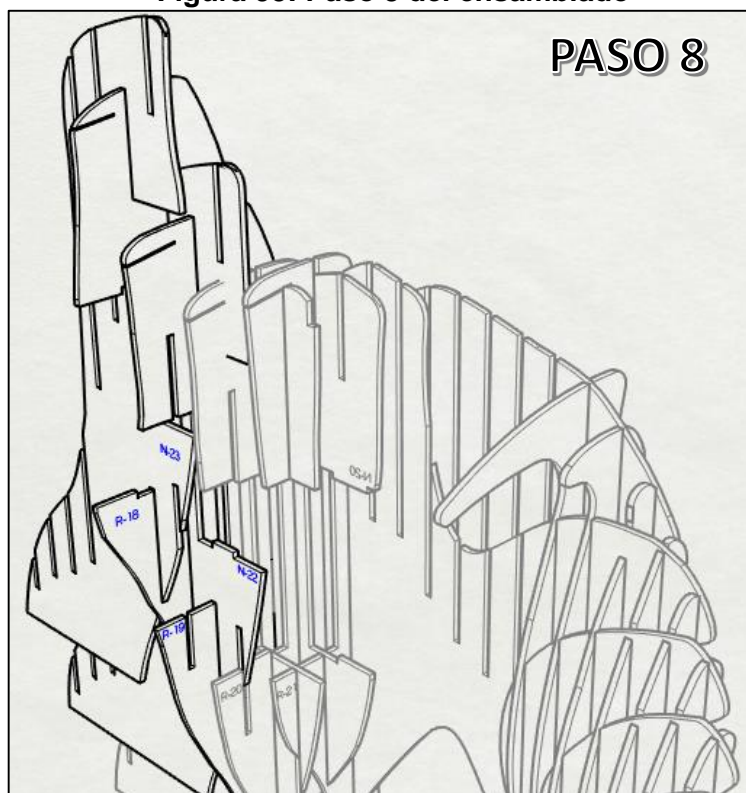
Fuente: Elaboración propia

Figura 92: Paso 7 del ensamblado



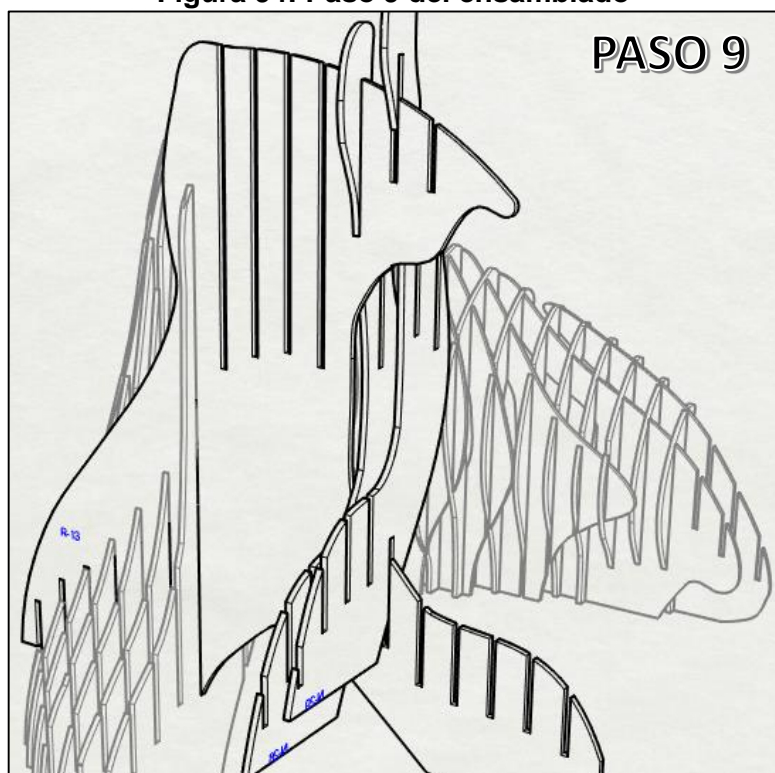
Fuente: Elaboración propia

Figura 93: Paso 8 del ensamblado



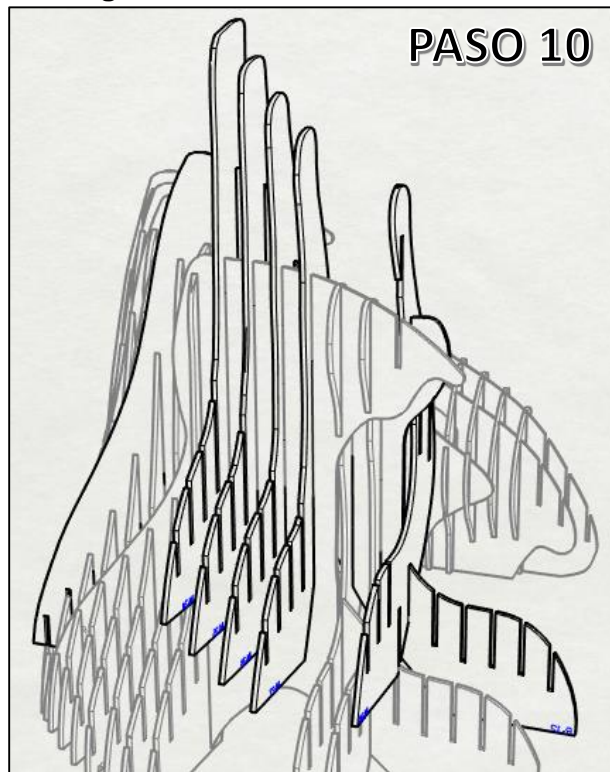
Fuente: Elaboración propia

Figura 94: Paso 9 del ensamblado



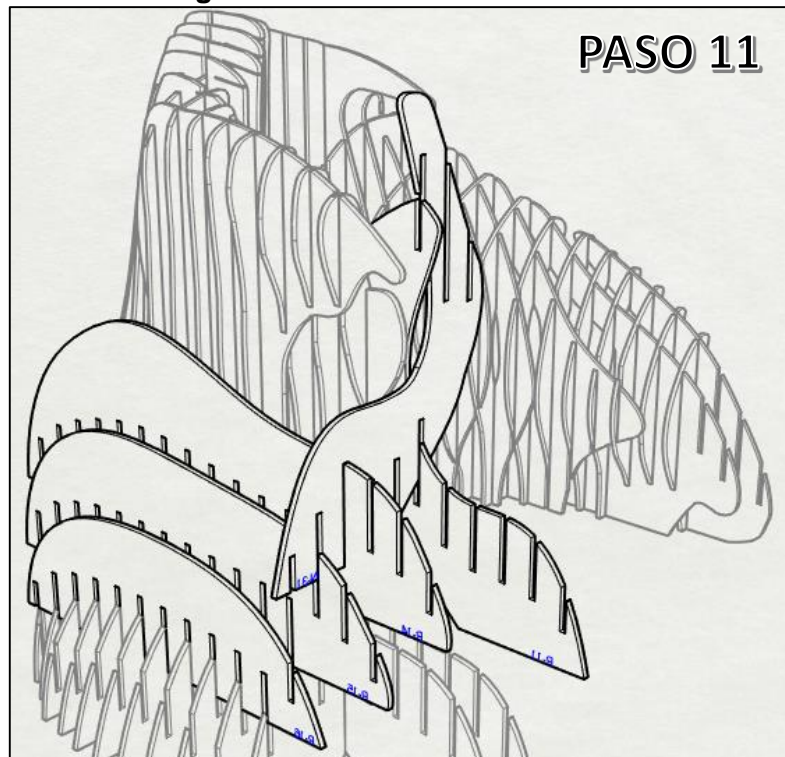
Fuente: Elaboración propia

Figura 95: Paso 10 del ensamblado



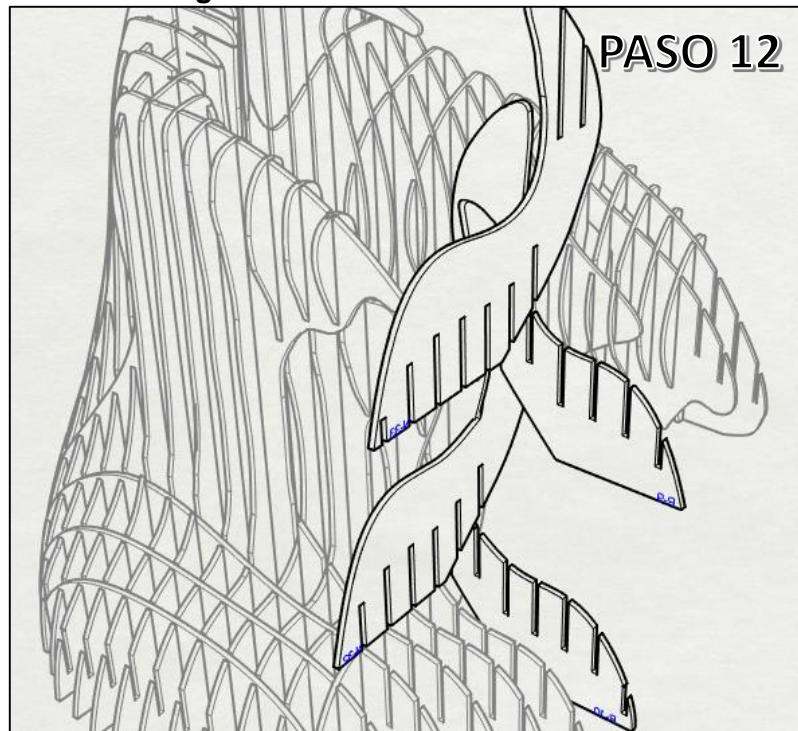
Fuente: Elaboración propia

Figura 96: Paso 11 del ensamblado



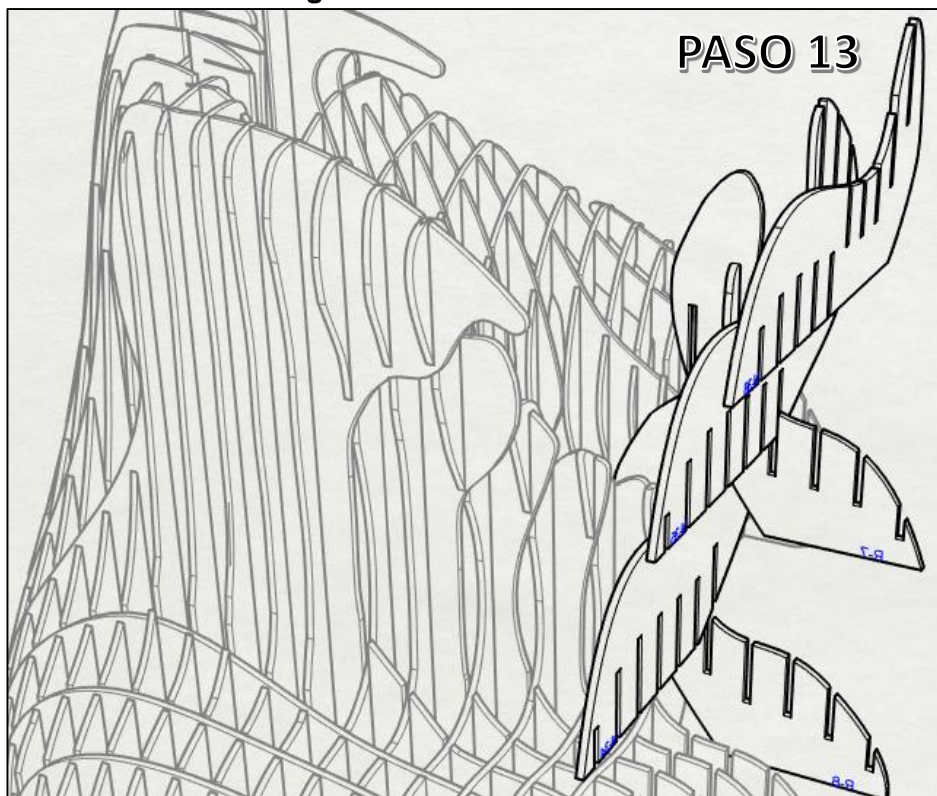
Fuente: Elaboración propia

Figura 97: Paso 12 del ensamblado



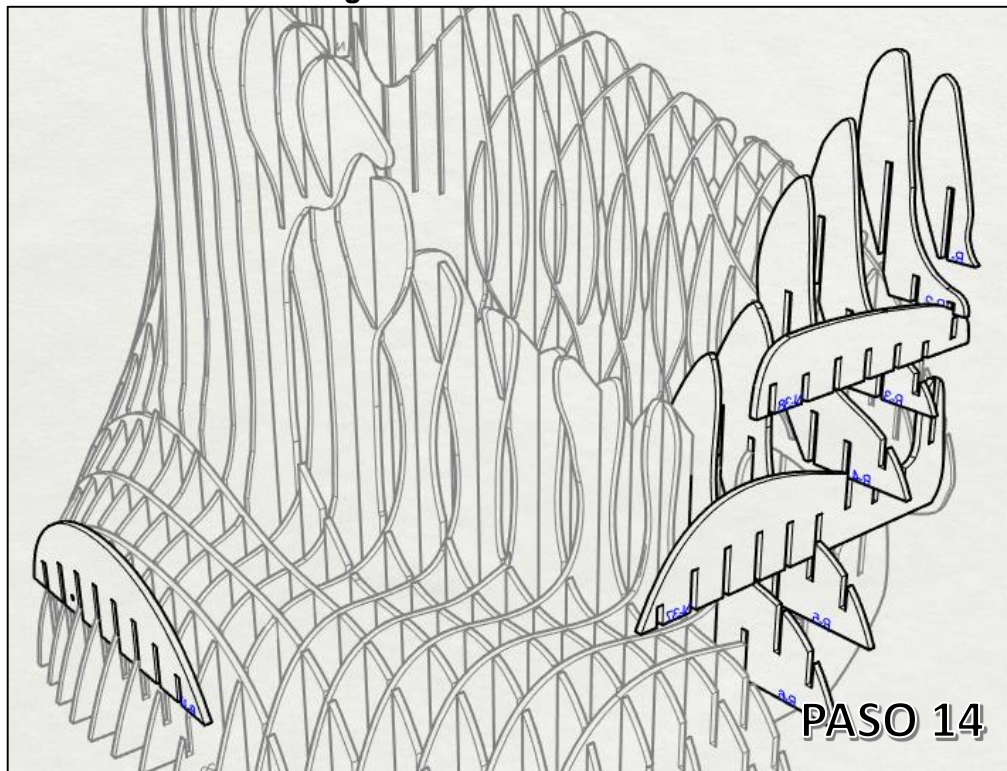
Fuente: Elaboración propia

Figura 98: Paso 13 del ensamblado



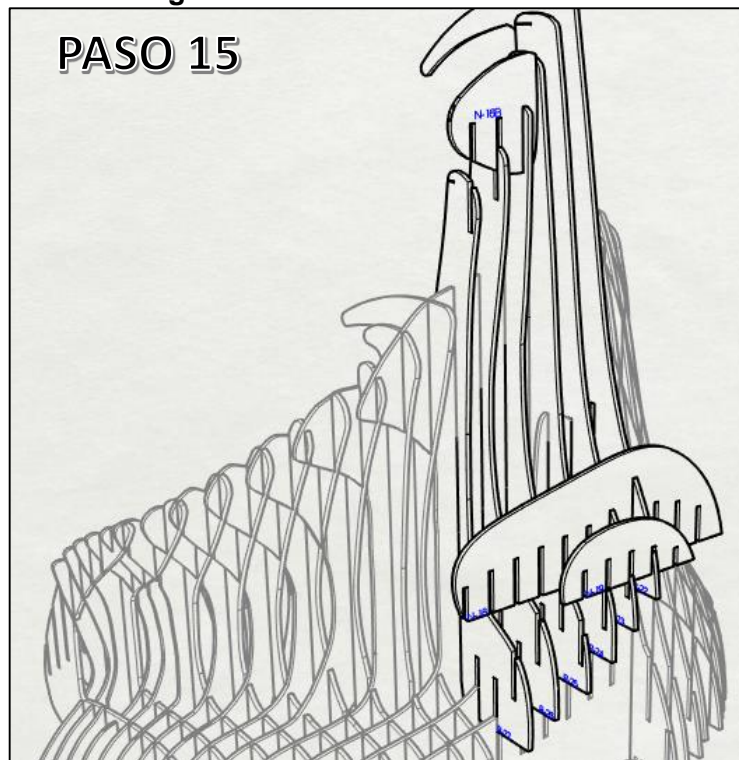
Fuente: Elaboración propia

Figura 99: Paso 14 del ensamblado



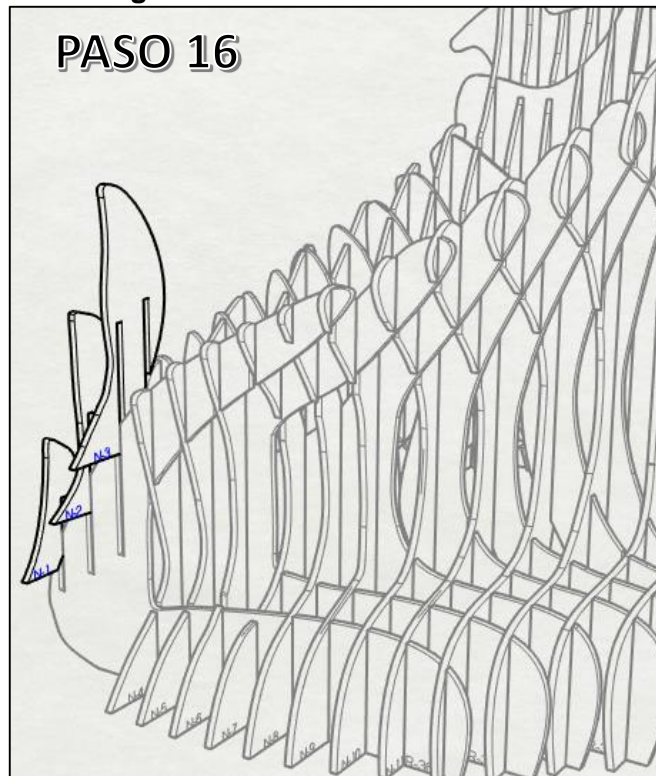
Fuente: Elaboración propia

Figura 100: Paso 15 del ensamblado



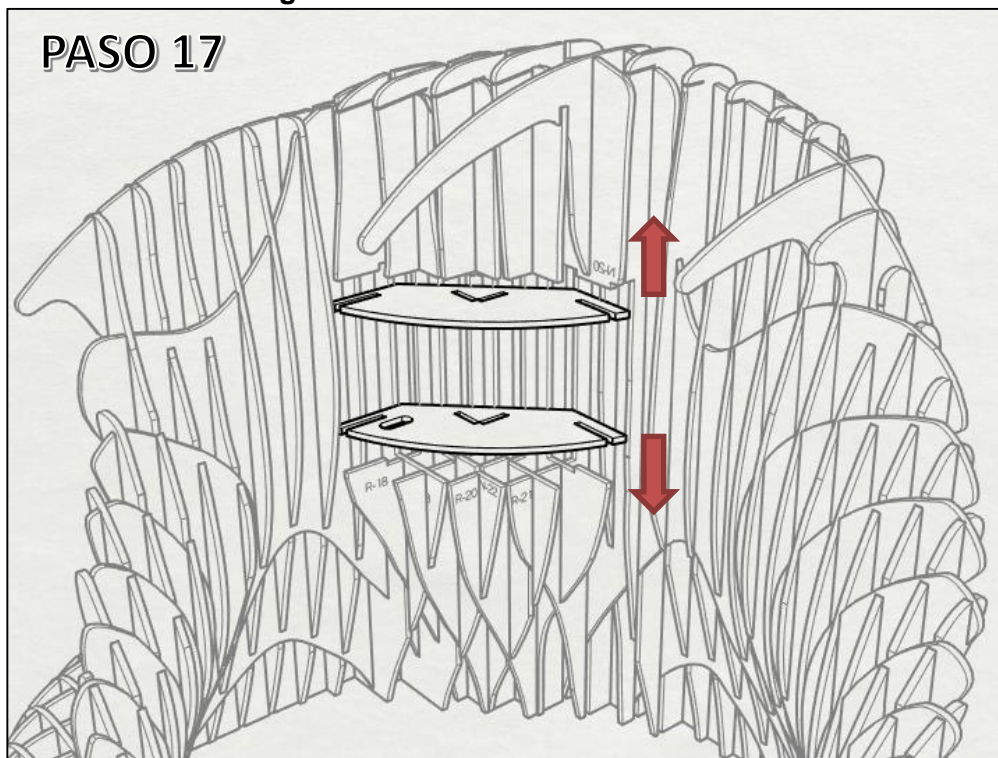
Fuente: Elaboración propia

Figura 101: Paso 16 del ensamblado



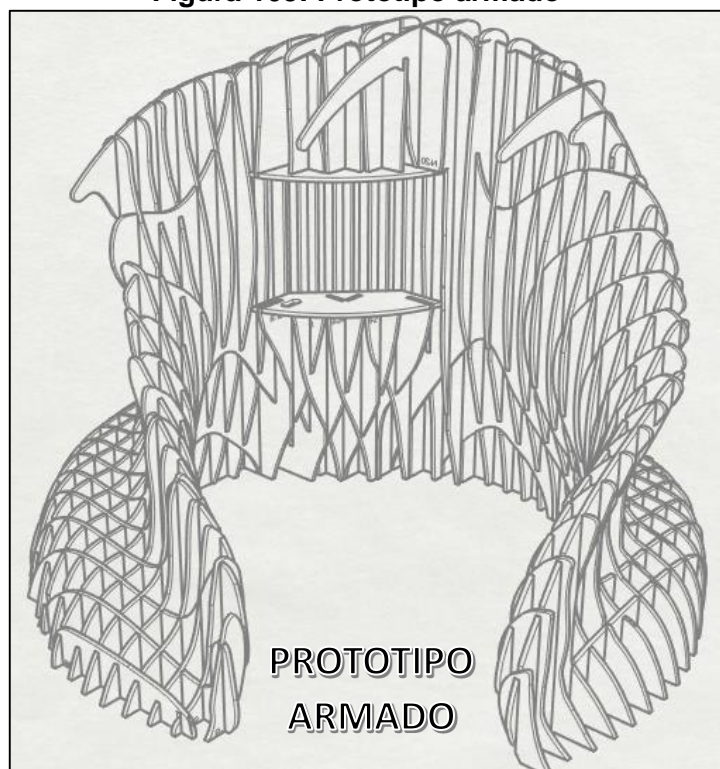
Fuente: Elaboración propia

Figura 102: Paso 17 del ensamblado



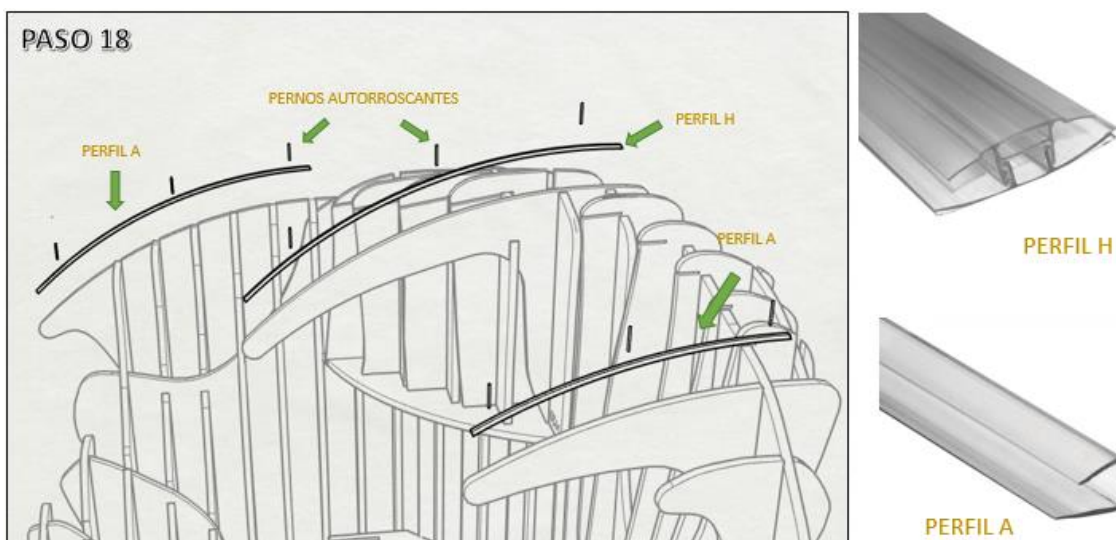
Fuente: Elaboración propia

Figura 103: Prototipo armado



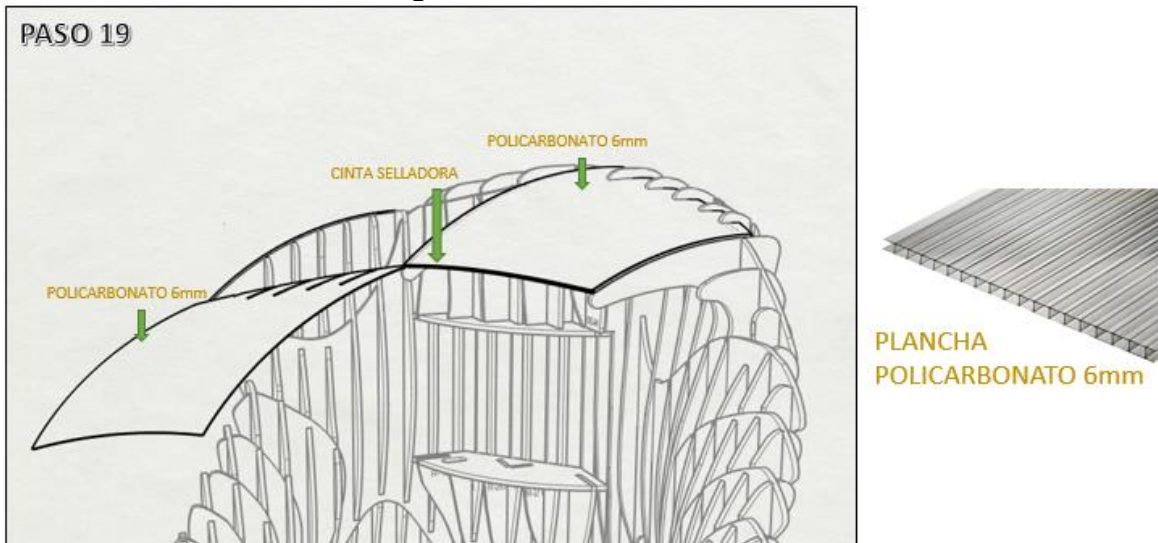
Fuente: Elaboración propia

Figura 104: Paso 18 del ensamblado



Fuente: Elaboración propia

Figura 105: Paso 19 del ensamblado



Fuente: Elaboración propia

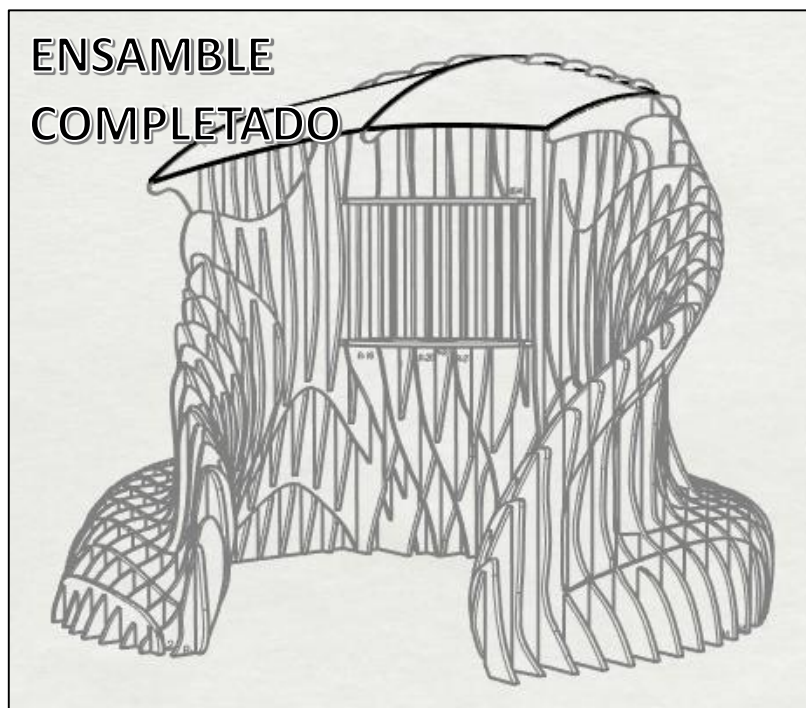
Figura 106: Cobertura Instalada



Fuente: Elaboración propia

Tres de las piezas de plywood se modificaron para que sirvan de soporte estructural para la cobertura de policarbonato. Se fijaron perfiles a estas piezas para sujetar el policarbonato.

Figura 107: Módulo con ensamblado finalizado



Fuente: Elaboración propia

Figura 108: Prototipo del módulo informático seleccionado (escala 1/5)

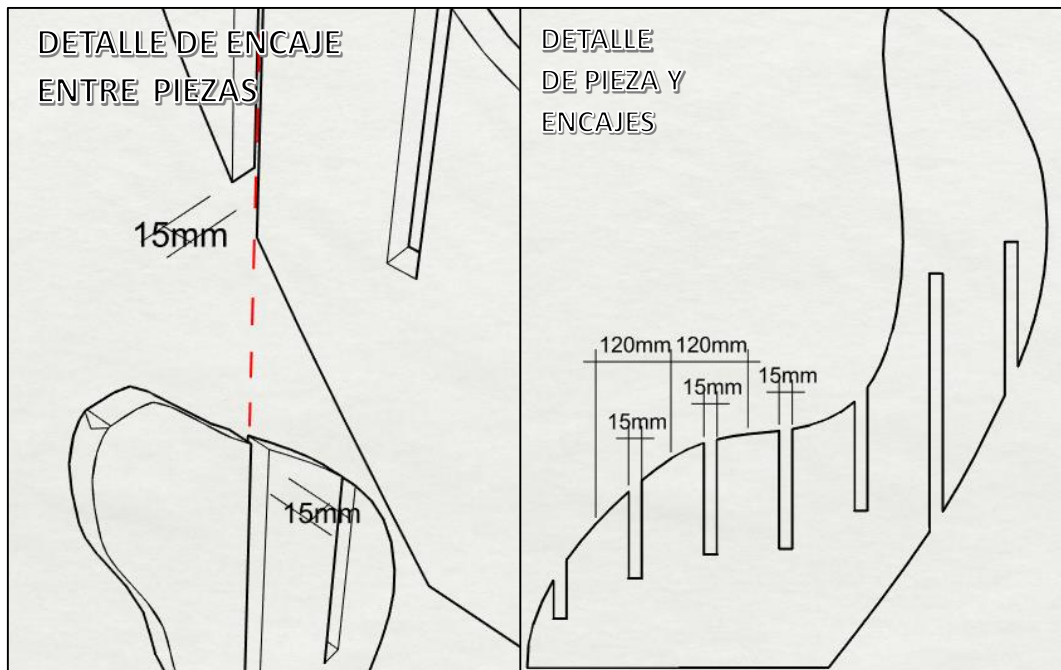


Fuente: Elaboración propia

6.5. Detalles constructivos

El ancho del encaje debe ser de la misma dimensión que el espesor del material (plywood de 15mm). Esto en la práctica puede variar un poco dependiendo del material y equipo con el que se trabaje. Por ejemplo, para el desarrollo de prototipos de la presente investigación se trabajó con cartón microcorrugado de 1.5mm, pero los encajes diseñados en esta medida generaban deformaciones en algunos sectores del prototipo pues se requería de demasiada presión para ensamblarlos. Es así que a través del ensayo y error se determinó que el encaje adecuado mide 1.7mm. Asimismo la distancia entre piezas tanto en el eje X como en el eje Y es de 12cm para el diseño a escala real.

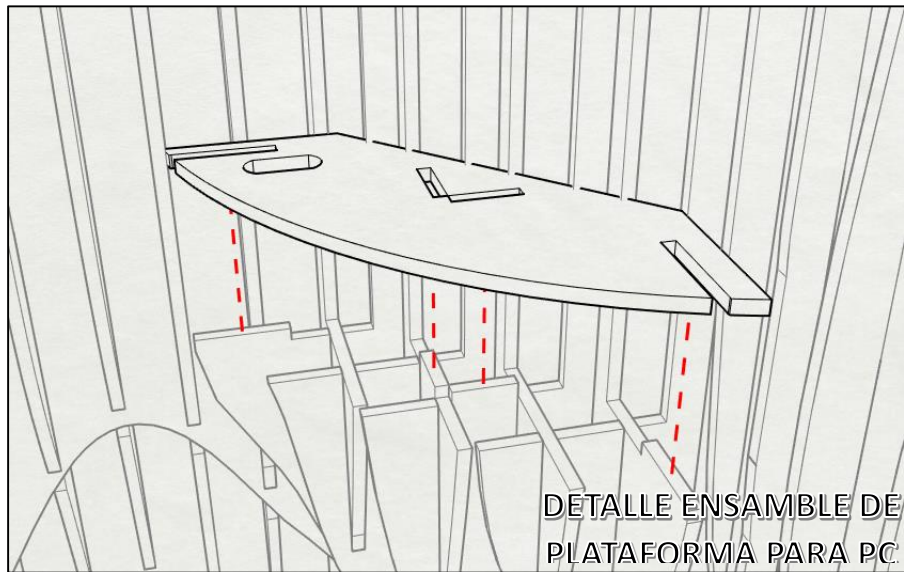
Figura 109: Detalles del encaje a presión entre piezas



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de fijar la pieza que sirve de plataforma para la computadora se diseñaron encajes a presión. Estos encajes evitan el uso de uniones mecánicas como el uso de tornillos. De esta forma la madera se aprecia sin la intervención de elementos extraños.

Figura 110: Detalle de ensamble de plataforma para PC

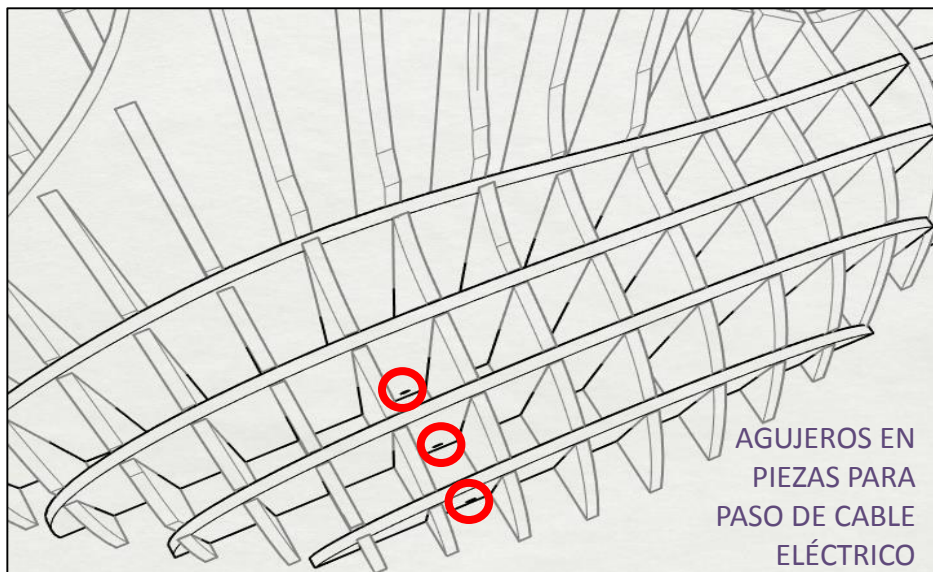


Fuente: Elaboración propia

6.6. Instalación Eléctrica

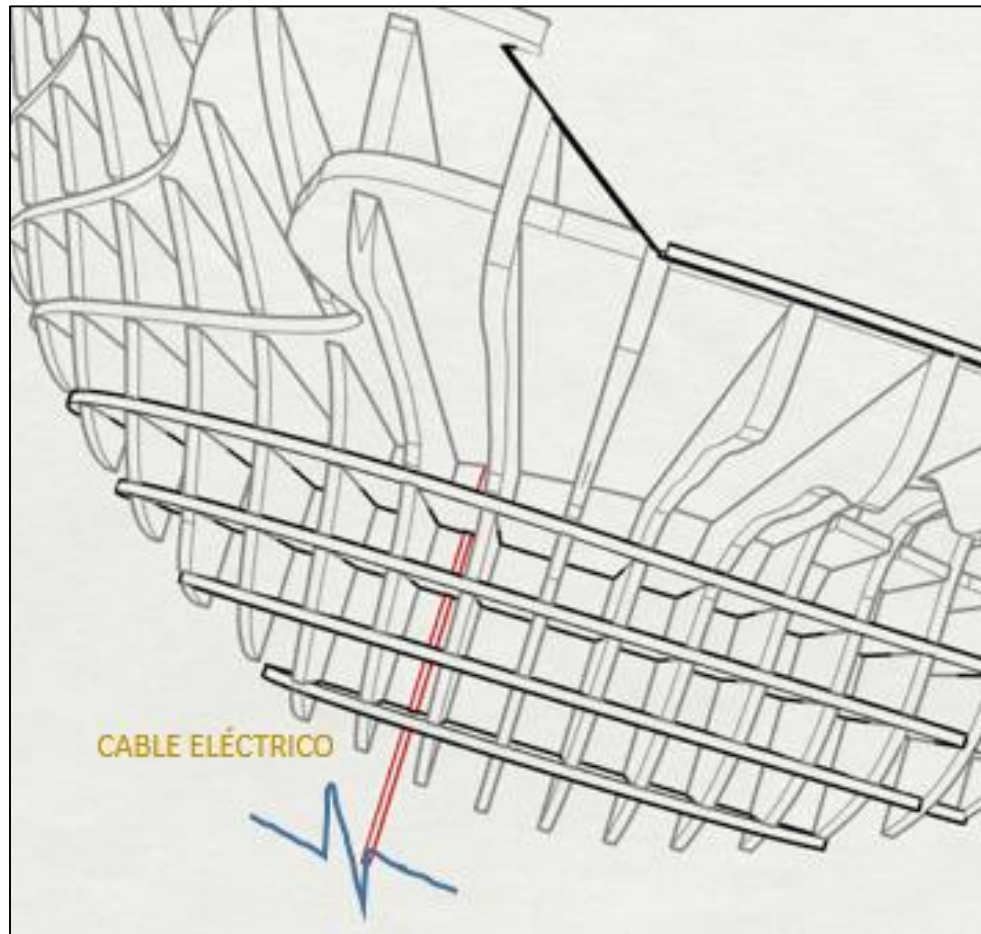
El módulo informático requiere de al menos un punto de electricidad para el funcionamiento de la computadora. Se hace necesario diseñar piezas con agujeros para que el cable eléctrico llegue hasta el punto de energía.

Figura 111: Piezas diseñadas para el paso del cable eléctrico



Fuente: Elaboración propia

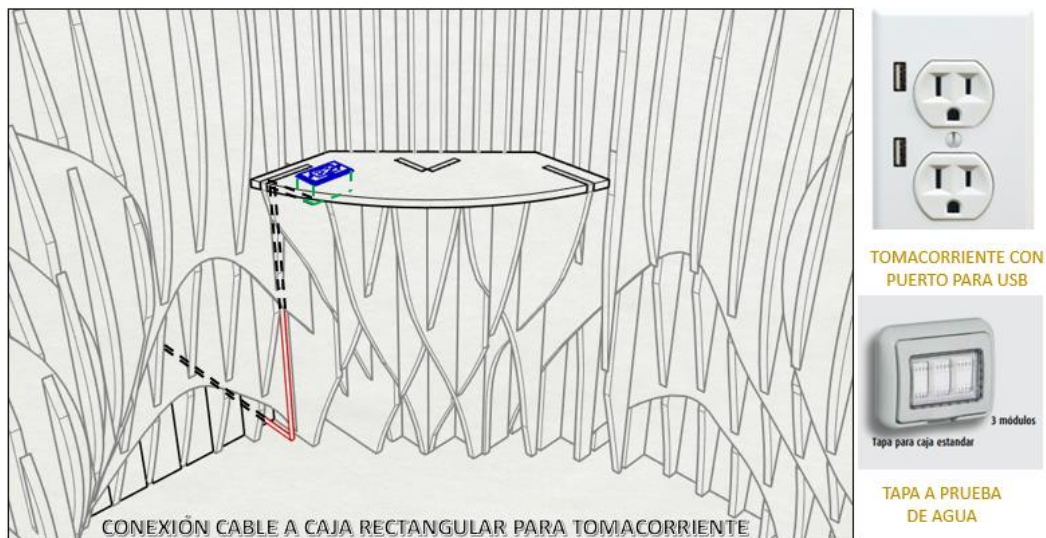
Figura 112: Paso del cable eléctrico a través de las piezas



Fuente: Elaboración propia

El tomacorriente se ubica en la plataforma para computadora. El modelo propuesto contiene puertos para USB para poder cargar celulares o similares. Además se proyectó agregar una tapa a prueba de agua para este tomacorriente para otorgarle mayor seguridad al diseño.

Figura 113: Vista de la conexión cable a caja para tomacorriente

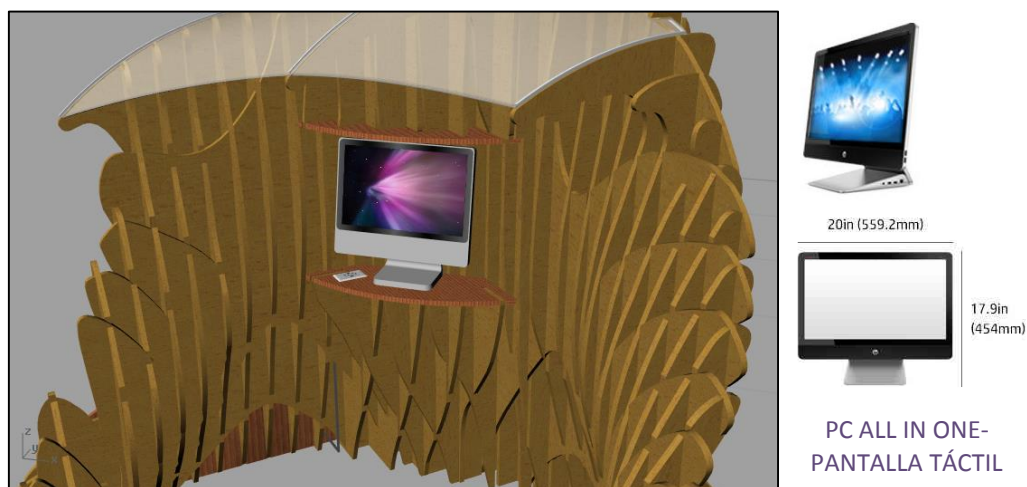


Fuente: Elaboración propia

6.7. Equipamiento

A fin de garantizar la funcionalidad del módulo informático se requiere el uso de una computadora de modelo All in One – Pantalla Táctil o similar. Este tipo de tecnología evita el exceso de cables y el uso de una pantalla táctil facilita el uso de la computadora a los alumnos para verificar sus horarios, exámenes y actividades realizadas en la Universidad Continental.

Figura 114: Equipamiento para el módulo informático



Fuente: Elaboración propia

6.8. Ubicaciones para el Prototipo dentro del Campus

6.8.1. Determinación de ubicaciones para los prototipos no seleccionados

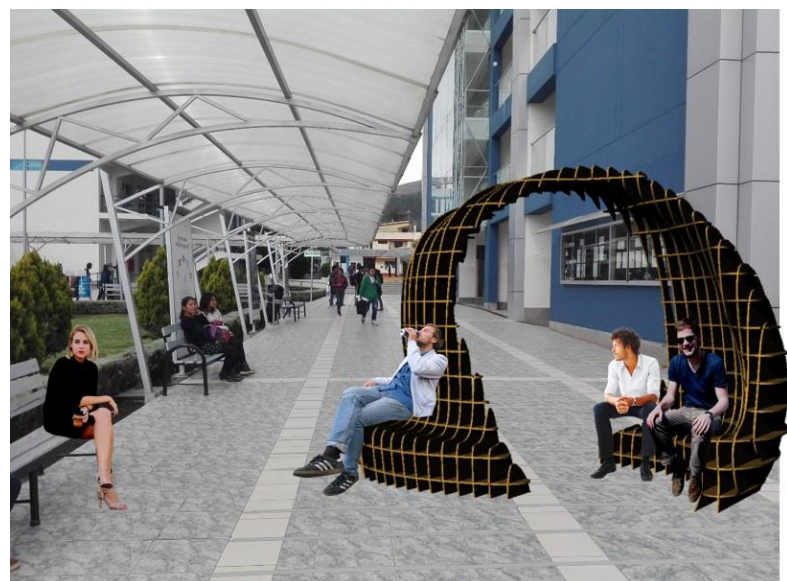
De manera preliminar se planteará una ubicación para cada uno de los 9 prototipos no seleccionados, teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en el punto 4.1.1., obtenidas del arquitecto Jan Gehl. Esto se hará a fin de evaluar cuáles son las mejores ubicaciones para el prototipo desarrollado en este capítulo.

Figura 115: Ubicación del prototipo B3



Fuente: Elaboración propia

Figura 116: Ubicación del prototipo A2



Fuente: Elaboración propia

Figura 117: Ubicación del prototipo B0



Fuente: Elaboración propia

Figura 118: Ubicación del prototipo C1

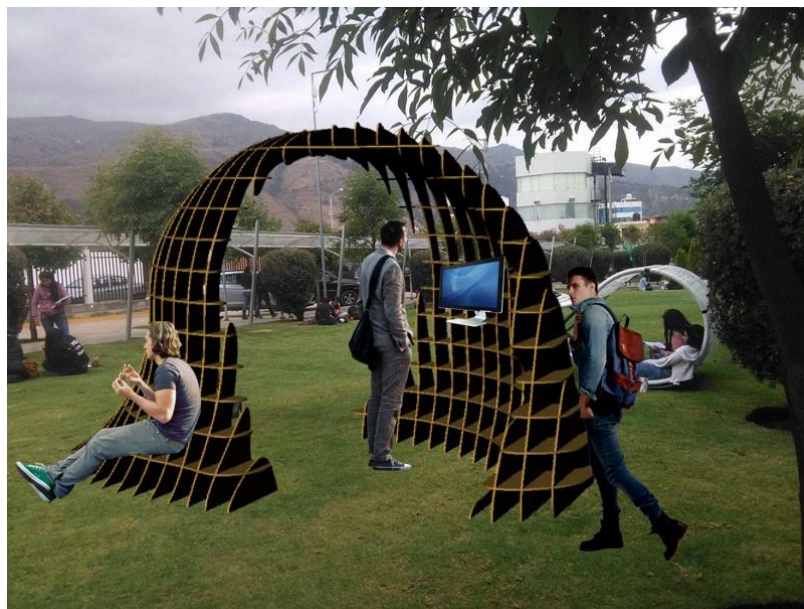


Fuente: Elaboración propia

Estos 4 prototipos han sido ubicados en un pasillo de largo recorrido lineal, según el arquitecto Gehl estos caminos no proveen de estímulos al usuario y el hecho de generar interrupciones hace que el desplazamiento peatonal sea más interesante. Además los prototipos A2 y C1 se ubican contiguos a otros espacios que ya son usados para sentarse, esto potencia las interacciones entre estudiantes.

Los prototipos B0 y B3 se ubican a un lado del camino y con visualización hacia un área más abierta como son la losa multifuncional y el césped detrás del pabellón C, que atraen actualmente muchas interacciones y estimulan por lo tanto las visuales que obtienen los usuarios desde esta posición.

Figura 119: Ubicación del prototipo A1



Fuente: Elaboración propia

Figura 120: Ubicación del prototipo C2



Fuente: Elaboración propia

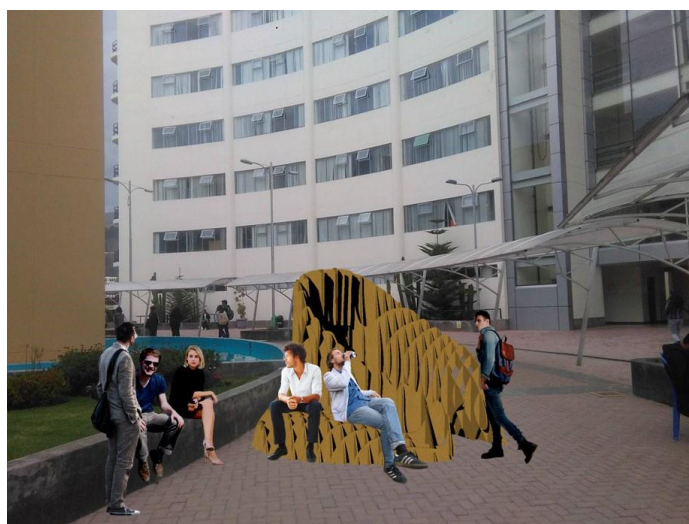
Los prototipos A1 y C2 están ubicados detrás del Pabellón C que como se mencionó en la actualidad atrae una gran cantidad de estudiantes que se sientan en el césped para conversar, descansar, tomar sol. Esta ubicación puede multiplicar y enriquecer aún más las interacciones entre usuarios. Estos prototipos por su forma pueden ser atravesados por lo que pueden adoptar una ubicación “céntrica” y no necesariamente a un lado. Aunque como menciona Gehl, generalmente los usuarios prefieren los mobiliarios que se encuentran en la periferia pues el campo visual que ofrecen es mayor.

Figura 121: Ubicación del prototipo B1



Fuente: Elaboración propia

Figura 122: Ubicación del prototipo B2



Fuente: Elaboración propia

Figura 123: Ubicación del prototipo B5



Fuente: Elaboración propia

Los prototipos B1, B2 y B5 se encuentran en posición expectante es decir en la periferia de un área definida y donde se producen otras interacciones actualmente. Existen interacciones que se producen cerca lo que puede producir los “asientos secundarios” que menciona Jan Gehl lo que potencia el uso del mobiliario utilizado así como también interacciones un tanto más alejadas las que otorgan visuales y estímulos a los usuarios.

6.8.2. Determinación de las ubicaciones para el prototipo seleccionado

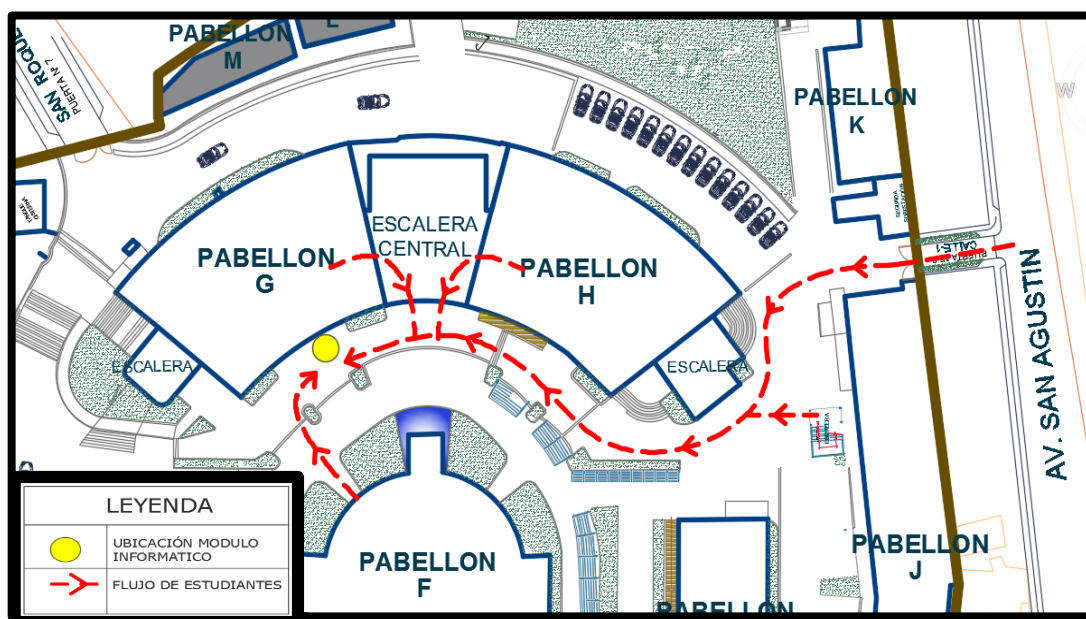
El diseño obtenido tiene por característica su portabilidad lo que permite plantear más de una ubicación dentro del campus de la Universidad Continental. Teniendo en cuenta las propuestas de ubicación discutidas en el punto 6.8.1 en base a las consideraciones brindadas por el arquitecto Gehl, a continuación se proponen 5 ubicaciones posibles para el módulo de la investigación (GEHL, 2006 pág. 175).

Las ubicaciones 1 y 2 aparte de las consideraciones para su funcionalidad como mobiliario público se justifican por su funcionamiento como módulo

informático. Es decir, encontrar una ubicación que permita que un mayor número de usuarios lo utilice para informarse de sus horarios y exámenes, El servicio de módulo informático actualmente se brinda únicamente cerca a la puerta de acceso principal a la Universidad (puertas 1 y 2) por la Avenida San Carlos. Hasta 3 módulos informáticos funcionan cerca a este acceso, todos juntos y localizados bajo las escaleras que conectan los pabellones C y D.

Analizando el flujo de ingresos y salidas de estudiantes al recinto Universitario, hay otro acceso que recibe un flujo importante de personas y este se da por la puerta 8 en la Avenida San Agustín. Los alumnos que ingresan por esta puerta generalmente son los que tienen clases en los pabellones G y H, los que tienen mayor capacidad de aforo de estudiantes, además de ingresar también los que tienen clases en los pabellones I y J. Estos alumnos no tienen la posibilidad de tener cerca un módulo informático por lo que las propuestas de ubicación 1 y 2 buscan solucionar esta carencia.

Figura 124: Ubicación 1 propuesta para el módulo informático



Fuente: Elaboración propia

Figura 125: Fotomontaje de la ubicación 1 del módulo informático, de noche



Fuente: Elaboracion propia

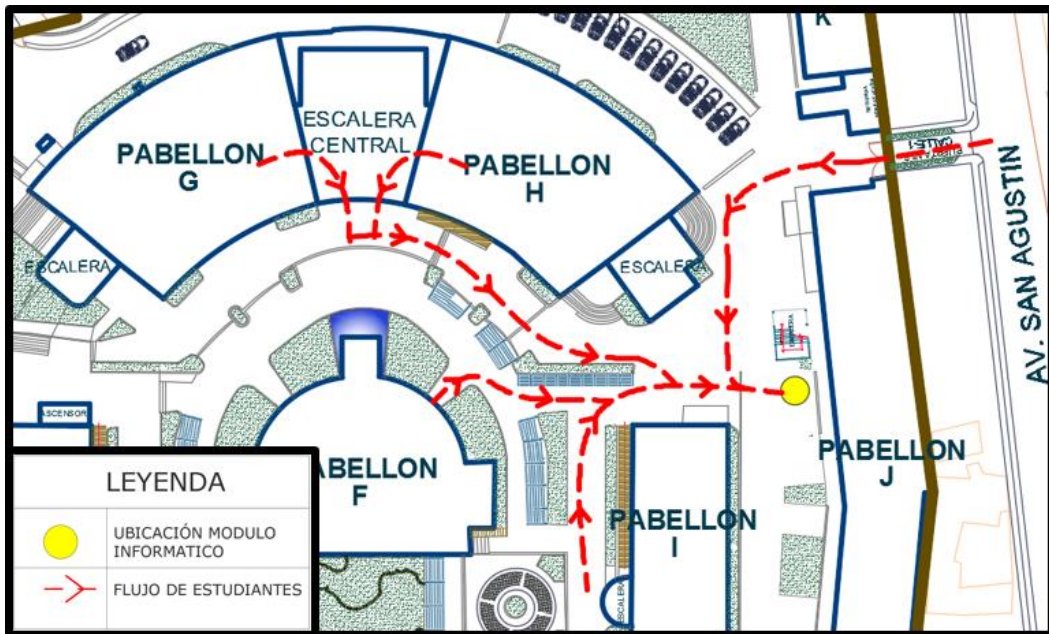
Como se observa esta ubicación en la periferia junto al pabellón I, permite un mayor control visual de las interacciones sociales que ocurren a pocos metros, especialmente en los parapetos de las jardineras colindantes. Además al tener un flujo alto de personas en ciertos horarios brinda estímulos a los usuarios que recorren este pasillo que aparte de presentar un recorrido curvo ahora también cuenta con un mobiliario que hace más interesante su recorrido. De igual manera permite visualizar la única fuente de agua presente en el campus y que por lo mismo atrae a los estudiantes como punto de reunión.

Figura 126: Fotomontaje de la ubicación 1 del módulo informático, de día



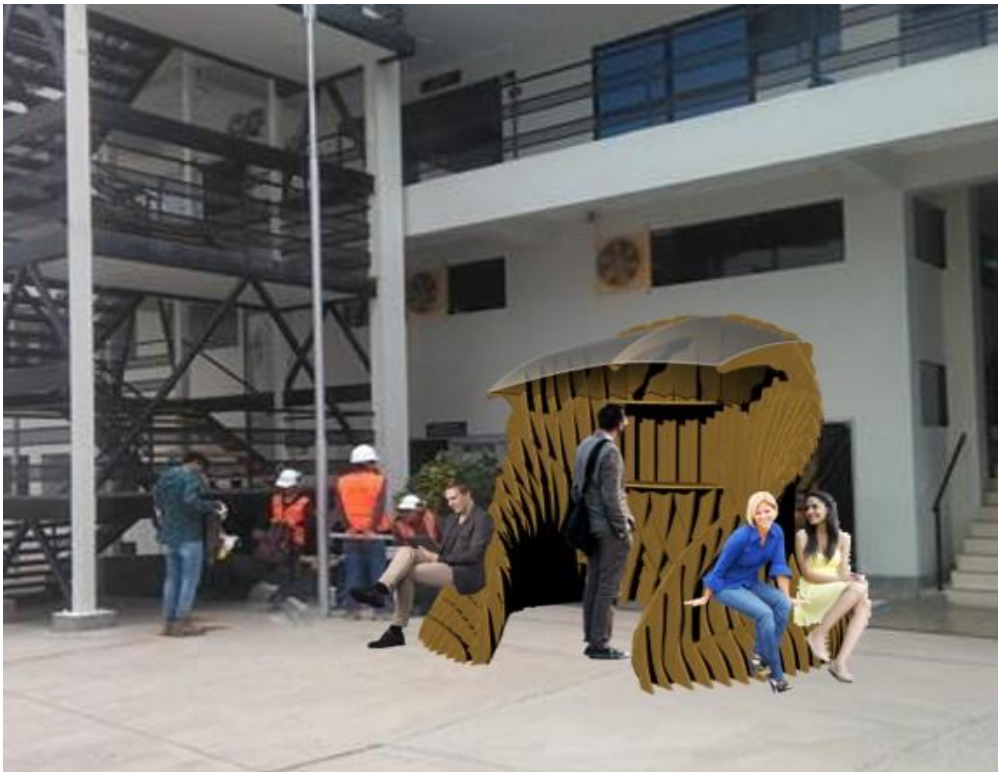
Fuente: Elaboracion propia

Figura 127: Ubicación 2 propuesta para el módulo informático



Fuente: Elaboracion propia

Figura 128: Fotomontaje de la ubicación 2 del módulo informático



Fuente: Elaboracion propia

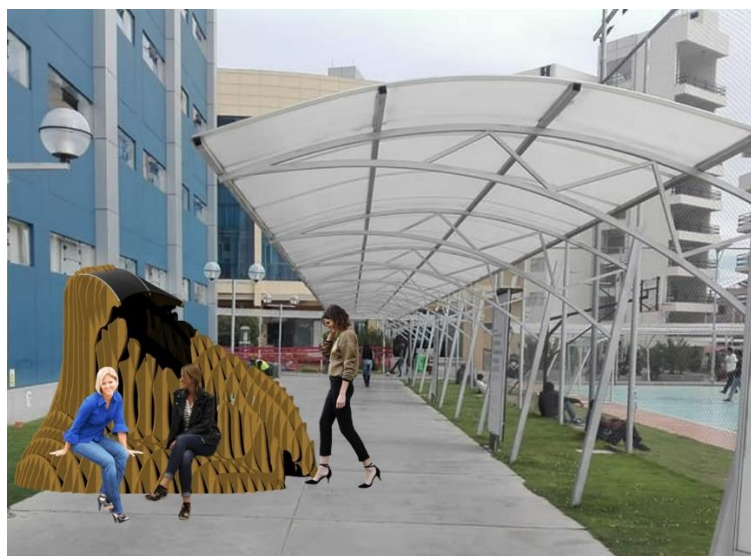
Las siguientes propuestas de ubicación han sido analizadas en el punto 6.8.1 y responden a criterios que potencialicen las interacciones entre usuarios, además de otorgar buenas visuales que brinden estímulos a los usuarios. Asimismo las ubicaciones están en la periferia de un pasillo o un área que congrega personas pues permiten un mayor campo visual.

Figura 129: Fotomontaje de la ubicación 3 del módulo informático



Fuente: Elaboración propia

Figura 130: Fotomontaje de la ubicación 4 del módulo informático



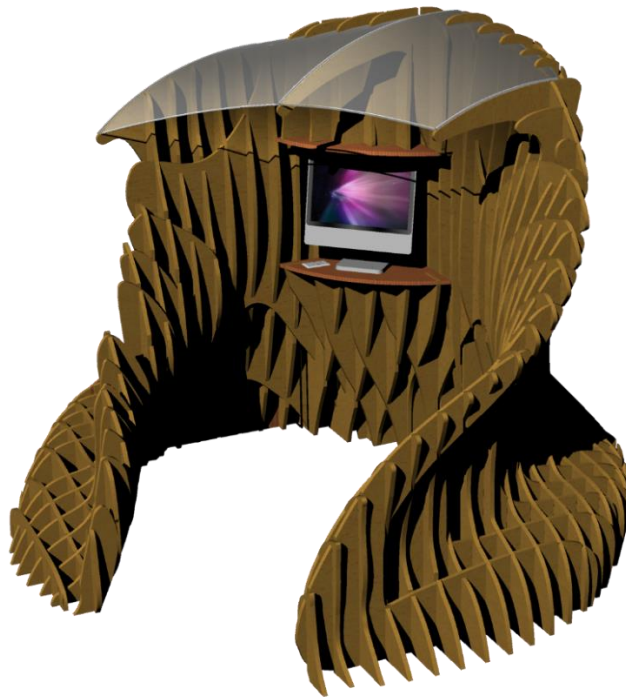
Fuente: Elaboración propia

Figura 131: Fotomontaje de la ubicación 5 del módulo informático



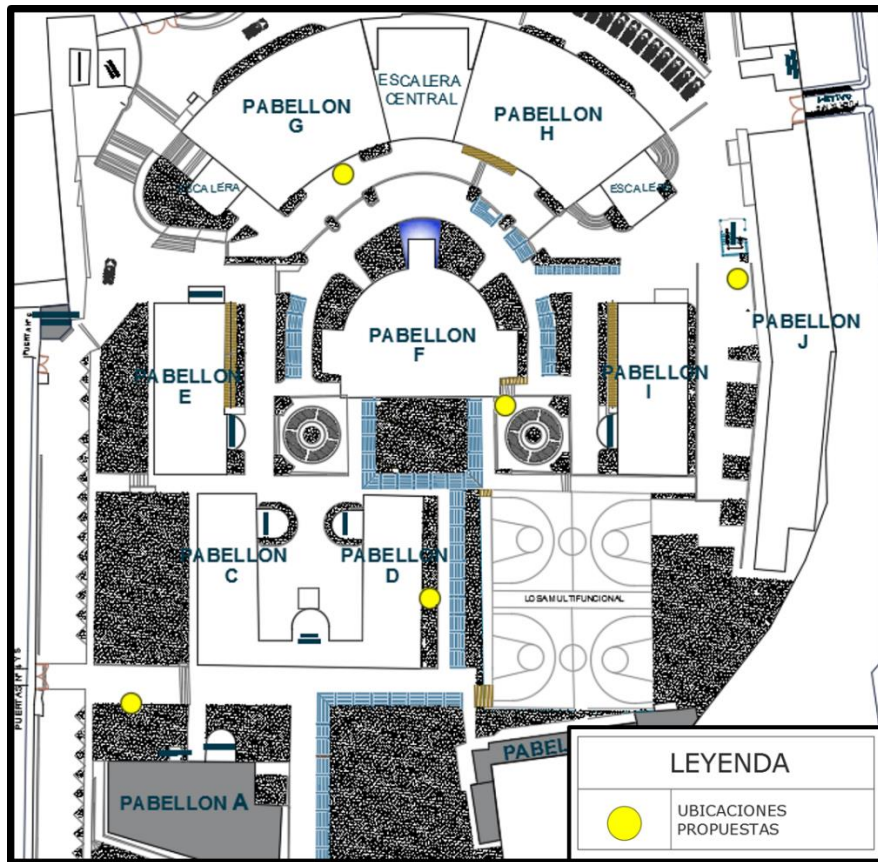
Fuente: Elaboración propia

Figura 132: Render del módulo informático



Fuente: Elaboración propia

Figura 133: Plano con las 5 ubicaciones propuestas para el módulo




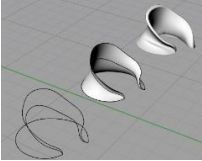

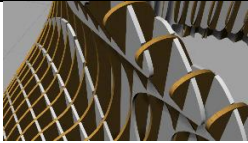





Fuente: Elaboración propia

6.9. Resumen del proceso desde el diseño hasta la construcción

Los procesos que se han desarrollado en esta investigación para materializar un diseño arquitectónico no convencional por medio de la fabricación digital no difieren en un inicio de los procesos que sigue la arquitectura realizada de manera tradicional. La idea rectora que dirige el proceso creativo se conceptualiza, plasma y optimiza a través de bocetos pues es la forma más rápida de comunicar las ideas que quiere llevar a cabo el arquitecto. Luego de varios bocetos es necesario llevar esta representación 2D a una tridimensional por medio de maquetas para evaluar correcciones y mejoras al diseño. A partir de este proceso recién inicia la parte digital con softwares diferentes a los usados regularmente, especializados para la fabricación digital. A continuación una tabla resumen de todos los procesos que se siguieron en esta investigación que utilizó el método analógico para obtener un diseño.

Figura 134: Resumen del proceso de fabricación digital en la arquitectura

Diseño tradicional – Sin intervención de lo digital	Metodo analógico: Torre Torre como referencia para la abstracción	
	Bocetos	
	Maqueta tradicional	
Fabricación digital – Diseño digital, técnica del seccionado	Digitalización del diseño	
	Aplicación de técnica del Seccionado	
	Generación de ensamblajes entre piezas	
	Diagramación de las piezas en plancha 2D	
Fabricación digital – Materialización del diseño	Corte laser y grabado de las piezas	
	Ensamblado de las piezas en el orden correcto	

Fuente: Elaboración propia

Figura 135: Proceso de ensamblado del prototipo seleccionado a escala 1/5



Fuente: propia

Figura 136: Fotografías del prototipo final ensamblado



Fuente: propia

CONCLUSIONES

Como conclusiones para esta investigación se tomaron los prototipos diseñados y construidos que pudimos medir mediante los instrumentos de investigación y comparación de datos, lo que permitió cumplir adecuadamente los objetivos tanto general como los específicos, como se describe a continuación:

Se pudo determinar la factibilidad de la fabricación digital de espacios arquitectónicos portables y efímeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo. Se llegó a esta conclusión por la factibilidad comprobada en el desarrollo de cada prototipo que nos permitió crear y proyectar un espacio portable representado por un mueble multifuncional. Por lo que se demostró la hipótesis general.

Mediante el uso del concepto compositivo de planos seriados y su aplicación dentro del software Rhinoceros se pudo diseñar espacios arquitectónicos con características formales, funcionales, constructivas y estructurales adecuadas. Para llevar a cabo estos diseños se recurrió a la técnica del seccionado la cual permite un ensamblado óptimo que por su versatilidad constructiva pueda ser portable y efímero, usando las herramientas tecnológicas del Fab Lab de la Universidad Continental en Huancayo. Asimismo haciendo uso de esta técnica se proyectó materializar estos espacios arquitectónicos portables y efímeros haciendo uso de materiales comerciales como son el plywood y el policarbonato alveolar. Por lo tanto, la fabricación digital permitió diseñar, aplicar una técnica constructiva y proyectar la construcción de un mobiliario público usando materiales comerciales demostrándose las hipótesis específicas

La construcción tradicional, a diferencia de la fabricación digital, permite un nivel de fabricación que tiene limitaciones con respecto a las posibilidades formales y la tipología de ensambles que propone su técnica. Es comparativamente mucho más viable el diseño de modelos digitales con formas complejas mediante el uso de software y que por medio de una cortadora laser se pueda trasladar el diseño al medio físico. Por esa razón se puede ensayar varios prototipos que en su desarrollo se pueda evaluar su capacidad de versatilidad constructiva, por tales características la fabricación digital nos permite diseñar modelos no convencionales que aportan una configuración formal novedosa y funcional al mismo tiempo.

La fabricación digital permite retroalimentar el diseño y la construcción por medio de prototipos físicos a escala que permiten mejorar el diseño digital desde aspectos formales, funcionales y constructivos para volver a construir prototipos hasta lograr un diseño óptimo evitando deficiencias que en la construcción tradicional se tienen que resolver en obra. De esta forma se perfecciona el producto arquitectónico y constructivo final.

Como conclusión final, desde que las tecnologías de fabricación digital se implementaron dentro de las técnicas para el diseño y la construcción, se ha revolucionado ampliamente el campo de la fabricación; es mediante esta nueva forma de practicar la arquitectura, la cual transforma los bytes en átomos, que podemos diseñar espacio arquitectónicos innovadores. Las posibilidades que genera la fabricación digital aplicada a la arquitectura en cuanto a diseño y construcción son inacabables

RECOMENDACIONES

Habiendo recorrido el camino para producir el diseño de un espacio arquitectónico no convencional, portable y efímero aplicando la fabricación digital; es necesario presentar recomendaciones que puedan servir a futuras investigaciones relacionadas al tema:

Tal y como se evidenció para la técnica del seccionado es necesario efectuar el ensayo y error para determinar el ancho del encaje entre piezas, pues puede variar un poco respecto al espesor de la plancha a utilizar. Esta variación depende del material y la configuración de potencia y velocidad del equipo. De igual manera antes de cortar las piezas en tamaño real en una ruteadora CNC, se deben efectuar pruebas para determinar el encaje y la configuración del equipo.

Como se determinó, el porcentaje de desperdicio en los prototipos de la muestra no es inferior al 40%, esta merma puede utilizarse para producir piezas de mobiliarios de menor tamaño y que puedan incluirse dentro de la diagramación de piezas en la plancha, de esta forma se reduce el desperdicio.

Finalmente, como se demostró la fabricación digital permite diseñar espacios que técnicas convencionales no son capaces de hacer. En esta investigación se aplicó una de las 5 técnicas descritas en el marco teórico. Se recomienda para futuras investigaciones aplicar las otras técnicas en el diseño de espacios arquitectónicos innovadores que pongan en relieve la creatividad y libertad que permite esta tecnología utilizada en la arquitectura, siempre teniendo en cuenta que los materiales con los que se materialicen los diseños puedan adquirirse dentro de nuestro medio, para poder replicar y mejorar este tipo de diseños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

'A Glimpse Of Another World': Zaha Hadid's Mobile Art Pavilion. **KAZAN, Sophie. 2013.** Milton Keynes : OPEN ARTS JOURNAL, 2013, OPEN ARTS JOURNAL, Vol. 2.

"Yokohama Port Terminal: Foreign Office Architects,". **ROHALY, Adam. 2010.** 2010, Architecture 489.

ALBARRÁN LIGERO, Justo. 2008. *Fundamentos Del KBE (Knowledge Based Engineering).* Sevilla : Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla, 2008.

ATKINSON, Paul. 2011. *Orchestral Manoeuvres in Design.* Amsterdam : BIS publishers, 2011.

BASTIAENS, R, DETAND, J and GRIMONPREZ, B. 2008. *Efficient use of rapid prototyping in the design process.* Departamento PIH, Hogeschool West-Vlaanderen. Gent, Bélgica : Protolab, 2008.

CANEPARO, Luca. 2014. *Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction.* Nueva York : Springer, 2014. ISBN 978-94-007-7137-6.

CHAPPEL, Brian D. 2010. *Ephemeral Architecture Towards a Definition.* 2010.

DE MARCO WERNER, Carolina. 2013. *Transformable and transportable architecture: analysis of buildings components and strategies for project design.* Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona : Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, 2013.

Diseño contemporáneo y la fabricación digital. **TAPIA, Veronica. 2014.** 4, Cuenca : Universidad de Cuenca, Junio 15, 2014, ESTOA. ISSN: 1390-9274.

DUNN, Nick. 2012. *Digital Fabrication in Architecture.* Londres : Laurence King Publishing Ltd, 2012. ISBN 978 185669 891 7.

GEHL, Jan. 2006. *La humanización del espacio urbano.* Barcelona : Reverté, 2006.

GENGNAGEL, Christoph, et al. 2011. *Computational Design Modeling: Proceedings of the Design Modeling Symposium Berlin 2011.* Berlin : Springer Science & Business Media, 2011.

GERSHENFELD, Neil. 2012. *How to Make Almost Anything The Digital Fabrication Revolution.* Cambridge : Council on Foreign Relations, 2012.

GILLKVIST, Oscar, HENRIKSSON, Viktoria and POULSEN, Emil. 2016. *Digital Wood, Design & Fabrication of a Full-scale Exhibition Structure in Plywood.* Universidad Tecnológica de Chalmers, Chalmers Architecture. Goteborg : Universidad Tecnológica de Chalmers, 2016. Tesis de Maestría.

GUTIERREZ DE RUEDA GARCIA, Manuel, et al. 2012. *Incorporación del diseño y fabricación digital a la arquitectura: docencia y práctica profesional.* Universidad de Valencia. Valencia : 4IAU 4ª Jornadas Internacionales sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo, 2012.

Hiperfachadas: Tokio a través de su piel comercial. **BARAHONA , Miguel. 2009.** 199, Madrid : Globus Comunicación, 2009.

KOLAREVIC, Branco. 2003. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing.* Londres : Spon Press, 2003.

KOLAREVIC, Branco. 2001. *Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age.* Universidad de Pennsylvania. Buffalo, Nueva York : ACADIA, 2001. pp. 268-278.

KRONENBURG, Robert. 2003. *Portable Architecture.* Oxford : Elsevier/Architectural Press, 2003.

KRONENBURG, Robert.. 2008. *Portable Architecture, Design and Technology.* Berlin : Birkhauser, 2008.

MESA GALLEGO, Juan Gonzalo. 2009. *Arquitectura Portátil: Una Alternativa De Morada Para Los Nómadas Por Desastres.* Facultad de Artes Integradas, Universidad de San Buenaventura. Medellín : Facultad de Artes Integradas, 2009.

MORALES PACHECO, Luis Antonio. 2012. *Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas en base a modelos de experimentación en el diseño arquitectónico.* Guanajuato : Universidad De La Salle Bajío, 2012. ISSN 1990-8830.

MOREL, Laura and LE ROUX, Serge. 2016. *Fab Labs.* Londres : Wiley ISTE, 2016. ISBN: 978-1-84821-872-7.

PATEL, Yusef, McMEEL, Dermott and CHAPMAN, John. 2015. *Urban prototypes: plywood architecture.* Melbourne : Architectural Science Association and The University of Melbourne, 2015.

PEREZ MENDOZA, Maria Isabel. 2014. *Arquitectura transportable, transformable y efímera: Container Co-Housing.* Colegio de Arquitectura y Diseño Interior, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO. Quito : UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, 2014. Tesis .

SASS, Lawrence and BOTHA, Marcel. 2006. *The Instant House:A Model of Design Production with Digital Fabrication.* Liverpool : International Journal of Architectural Computing, 2006.

SASS, Lawrence. 2006. *Synthesis of design production with integrated digital fabrication.* Departamento de Arquitectura, Instituto Tecnológico de Massachusetts. Cambridge : Automation in Construction, 2006.

SEELY, Jennifer. 2004. *DIGITAL FABRICATION IN THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS*. Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge : Department of Architecture, 2004. Tesis de Maestría.

STRALEN, Mateus de Sosusa van and CEZARINO, Cristiano. 2015. *Woka Towards a dialogical design of future cities*. Biblioteca Central Cesar Lattes, Federal University of Minas Gerais. Sao Paulo : The Next City: 16th International Conference CAAD Futures, 2015.

TILL, Jeremy. 2009. *Architecture Depends*. Cambridge : MIT Press, 2009.

WONG, Wucius. 1991. *Fundamentos del Diseño Bi y Tri dimensional*. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1991.

WOODBURY, Robert. 2010. *ELEMENTS OF PARAMETRIC DESIGN*. Nueva York : Routledge, 2010. ISBN10: 0-415-77986-3.

ZHANG, Peng. 2017. *Advanced Industrial Control Technology: Engineering, Engineering*. s.l. : Content Technologies Inc., 2017.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: Fabricación digital aplicada al diseño de espacios arquitectónicos portables y efimeros para el Campus de la Universidad Continental Huancayo - 2017					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Sera factible la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros para el campus de la Universidad Continental en Huancayo en el 2017?	GENERAL Determinar la factibilidad de la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017	GENERAL Es factible la fabricación digital de espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros para el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017.	DEPENDIENTE: Diseño de espacios arquitectónicos portables y efimeros - Espacios cuyo diseño destaca o se distingue como efimero y como tal cumple la función de ser trasladado de lugar a otro. Esta arquitectura permite al diseñador ensayar formas nuevas, no convencionales	Características físicas del diseño Complejidad formal en el diseño Funcionalidad del diseño Material en el que se construye Estabilidad y rigidez del diseño	<ul style="list-style-type: none"> • TIPO: Aplicada • NIVEL: Descriptivo • METODO: Deductivo • DISEÑO: Descriptivo Comparativo • POBLACIÓN: Todas las propuestas espaciales ensayadas digitalmente • MUESTRA: 10 Prototipos construidos con el soporte del Fab Lab de la Universidad Continental • TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Observación estructurada de prototipos • INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Fichas de Observación • TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Estadística descriptiva para la selección de mejores resultados
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS			
1.1 ¿Sera factible diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017?	Determinar la factibilidad de diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.	Es factible diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros por medio de la fabricación digital en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.			
1.2 ¿Sera factible aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017?	Determinar la factibilidad de aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental Huancayo en el 2017.	Es factible aplicar una técnica de fabricación digital que permita diseñar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros con el soporte de un Fab Lab en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017.	INDEPENDIENTE Fabricación digital -Proceso de traducir un diseño digital desarrollado en una computadora en un objeto físico	Software aplicado Técnica constructiva de fabricación digital Equipos utilizados para la materialización de diseños	
1.3 ¿Sera factible proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales?	Determinar la factibilidad de proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros por medio de la fabricación digital, en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales.	Es factible proyectar espacios arquitectónicos no convencionales, portables y efimeros, por medio de la fabricación digital, en el campus de la Universidad Continental de Huancayo en el 2017, usando materiales comerciales.			

Anexo 2: Lámina del proceso de diseño Prototipo A

ESPACIO ENTRE TORRES



PERSPECTIVA DESDE ABAJO



DEBIDO A LA MAGNITUD LA SENSACION ES QUE LAS TORRES SE ENCUENTRAN EN LO ALTO

UNIÓN DE CURVAS FORMA SUPERFICIES

CURVAS EN ELEVACIÓN

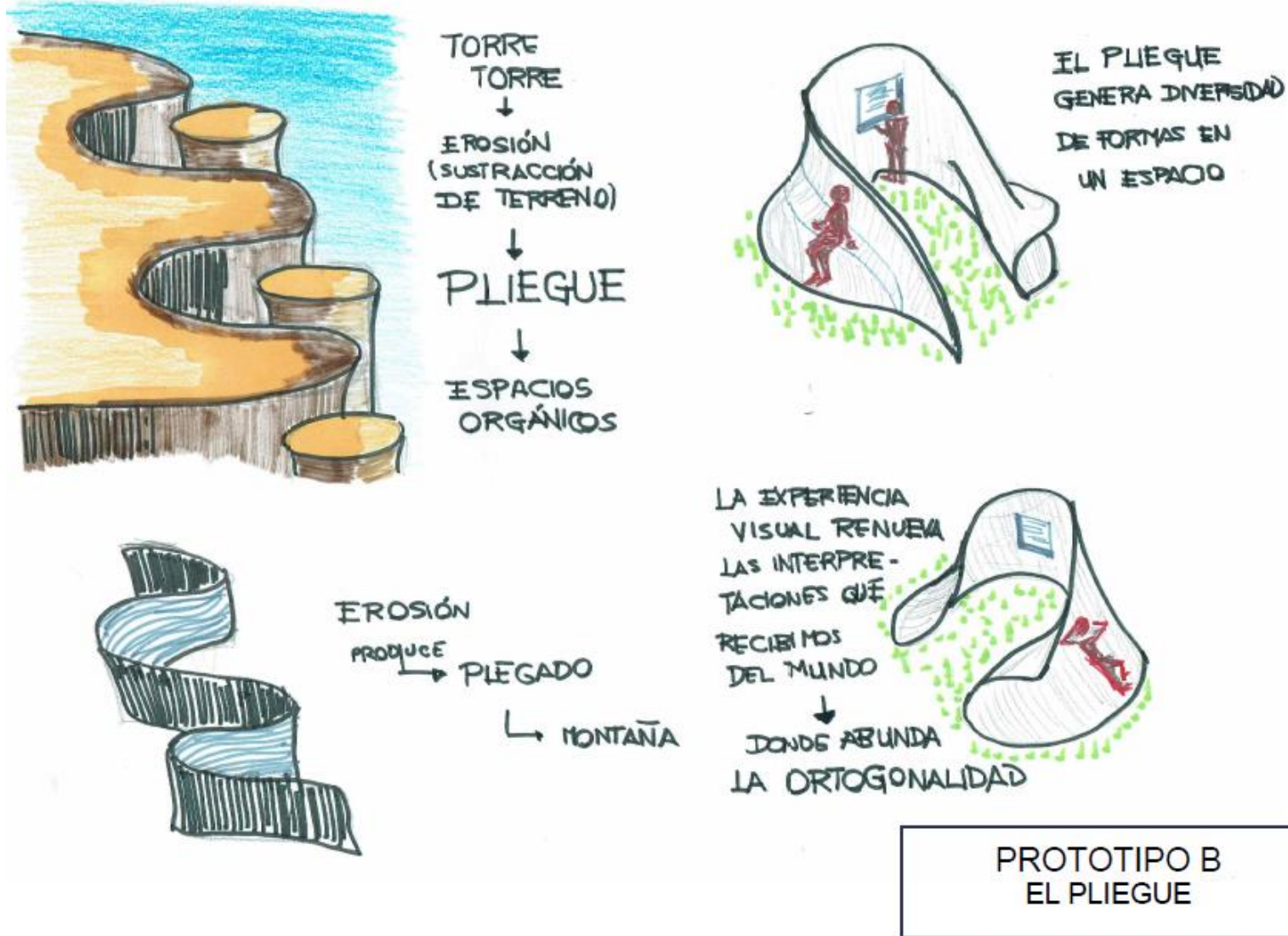


MÓDULO ATENCIÓN FINAL

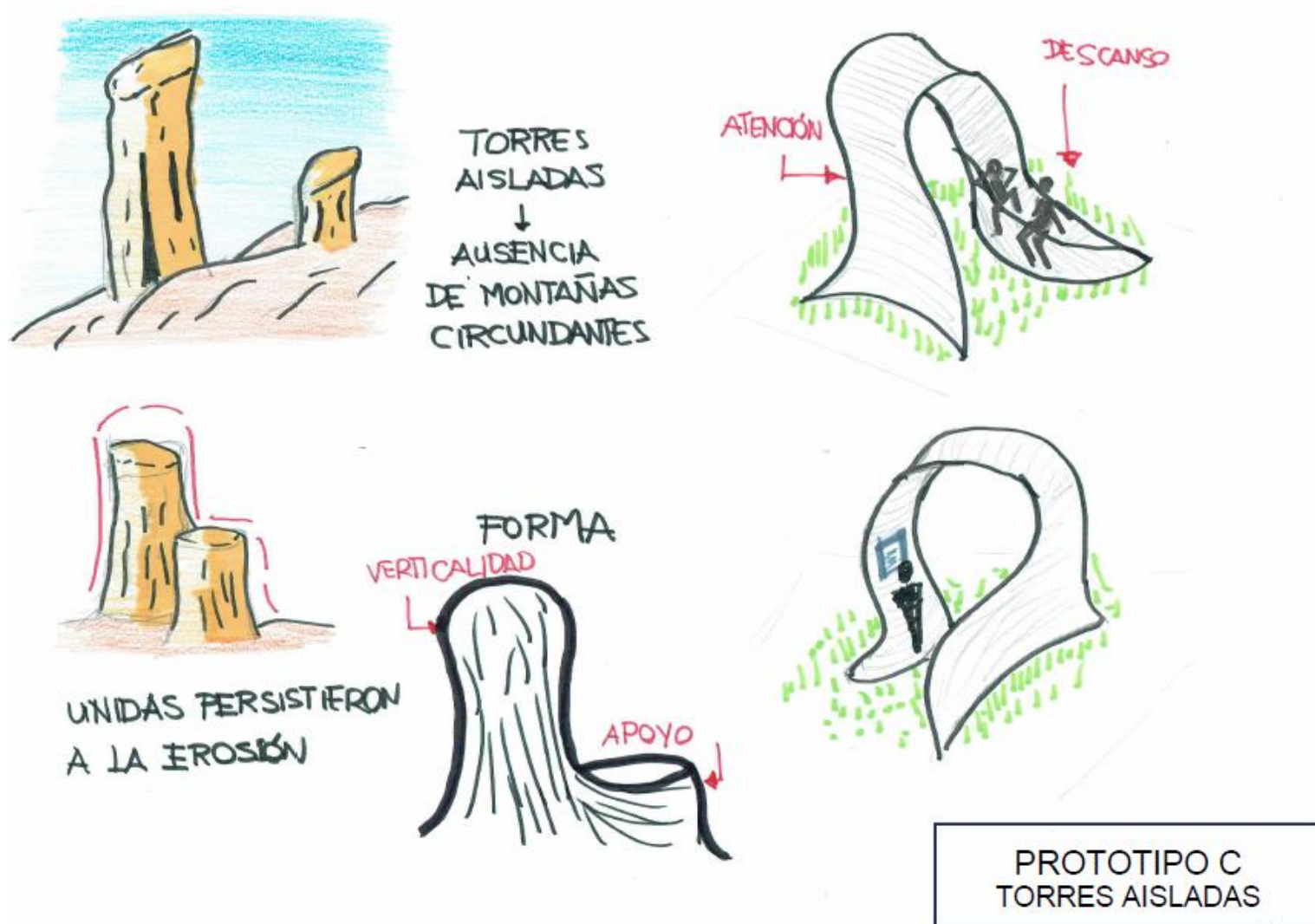


PROTOTIPO A
ESPACIO ENTRE TORRES

Anexo 3: Lámina del proceso de diseño Prototipo B



Anexo 4: Lámina del proceso de diseño Prototipo C



Anexo 5: Ficha de Observación 001

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	001
Código Pro.	A-1

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

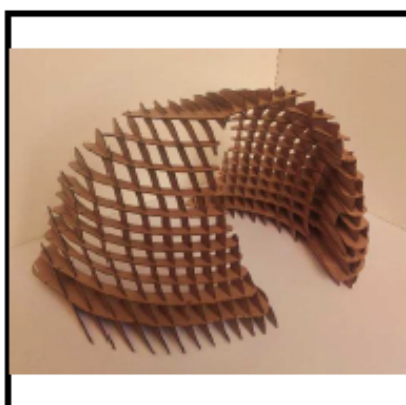


Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	20/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	17m00s
1.3	Tiempo de ensamblado	2h30m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	15cm (eje x) y 20cm (eje z)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	33	2.7	Área del prototipo (m2)	6.8
2.2	Numero de planos en el eje Z	21	2.8	Altura del prototipo (m)	2.36
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.303	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.314
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	30.3	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	317.86
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	202
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico			X					
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima			X					
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje			X					
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función		X						
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X						
3.6	El prototipo es estable y rigido				X				

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1
-----	------------------------------------	---

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	43.89
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 6: Ficha de Observación 002

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	002
Código Pro.	A-2

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

 <p>Imagen de Prototipo</p>	1.1	Fecha de Fabricación (corte)	20/09/2017
	1.2	Tiempo de fabricación (corte)	22m50s
	1.3	Tiempo de ensamblado	2h42m
	1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
	1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
	1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 18cm (eje z)
	1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	40	2.7	Área del prototipo (m2)	4.97
2.2	Numero de planos en el eje Z	25	2.8	Altura del prototipo (m)	2.36
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.317	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.328
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	31.69	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	332.45
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	258
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D	
3.1	En los niveles de clasificación presentados responder:										
3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico						X				
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima							X			
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje							X			
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función						X				
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas						X				
3.6	El prototipo es estable y rigido								X		

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1
------------	------------------------------------	---

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	41.31
------------	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
------------	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
------------	-----------------------------------	-----------

Anexo 7: Ficha de Observación 003

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	003
Código Pro.	B-0

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

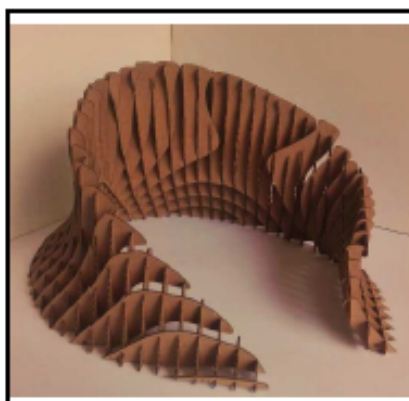


Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	27/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	17m15s
1.3	Tiempo de ensamblado	2h31m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	35	2.7	Área del prototipo (m ²)	9.42
2.2	Numero de planos en el eje Y	36	2.8	Altura del prototipo (m)	2.24
2.3	Área contenida en cortes Es. (m ²)	0.188	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.195
2.4	Área contenida en cortes Re. (m ²)	18.84	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	197.64
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	218
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico			X					
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima			X					
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje		X						
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función		X						
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X						
3.6	El prototipo es estable y rigido				X				

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1
-----	------------------------------------	---

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	47.66
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.60
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 8: Ficha de Observación 004

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	004
Código Pro.	B-1

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo



Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	27/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	39m52s
1.3	Tiempo de ensamblado	3h49m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	52	2.7	Área del prototipo (m2)	10.44
2.2	Numero de planos en el eje Y	41	2.8	Altura del prototipo (m)	2.37
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.642	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.665
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	64.23	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	673.77
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	495
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
En los niveles de clasificación presentados responder:										
3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico						X			
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima								X	
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje								X	
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función						X			
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas						X			
3.6	El prototipo es estable y rigido						X			

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	2.1
-----	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	43.36
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 9: Ficha de Observación 005

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	005
Código Pro.	B-2

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo



Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	27/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	28m51s
1.3	Tiempo de ensamblado	3h10m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	36	2.7	Área del prototipo (m2)	7.54
2.2	Numero de planos en el eje Y	39	2.8	Altura del prototipo (m)	2.35
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.384	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.398
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	38.41	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	402.91
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	331
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
En los niveles de clasificación presentados responder:										
3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico						X			
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima							X		
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje						X			
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función						X			
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas						X			
3.6	El prototipo es estable y rigido						X			

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1.3
-----	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	49.19
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 10: Ficha de Observación 006

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	006
Código Pro.	B-3

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo



Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	28/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	26m42s
1.3	Tiempo de ensamblado	3h00m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	32	2.7	Área del prototipo (m2)	7.43
2.2	Numero de planos en el eje Y	28	2.8	Altura del prototipo (m)	2.35
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.392	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.406
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	39.23	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	411.49
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	247
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico		X				
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima			X			
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje		X				
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función	X					
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X				
3.6	El prototipo es estable y rigido		X				

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1.2
------------	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	39.46
------------	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
------------	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
------------	-----------------------------------	-----------

Anexo 11: Ficha de Observación 007

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	007
Código Pro.	B-4

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

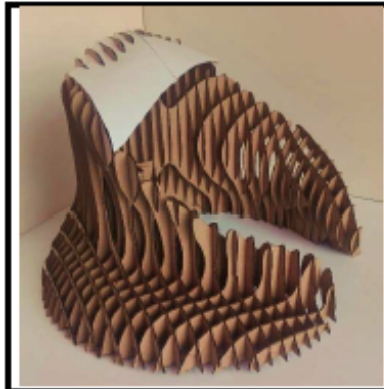


Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	28/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	29m 12s
1.3	Tiempo de ensamblado	3h05m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	39	2.7	Área del prototipo (m2)	7.5
2.2	Numero de planos en el eje Y	36	2.8	Altura del prototipo (m)	2.36
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.39	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.404
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	39.08	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	409.97
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	329
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico	X				
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima	X				
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje		X			
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función	X				
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X			
3.6	El prototipo es estable y rigido		X			

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

S.1	Numero de planchas usadas (escala)	1.3
------------	------------------------------------	-----

S.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	42.33
------------	---	-------

S.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
------------	-----------------------------------	-----------

S.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
------------	-----------------------------------	-----------

Anexo 12: Ficha de Observación 008

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	008
Código Pro.	B-5

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo



Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	28/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	29m33s
1.3	Tiempo de ensamblado	3h10m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	36	2.7	Área del prototipo (m2)	7.5
2.2	Numero de planos en el eje Y	39	2.8	Altura del prototipo (m)	2.36
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.38	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.393
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	37.98	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	398.43
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	331
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico	X				
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima	X				
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje		X			
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función		X			
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X			
3.6	El prototipo es estable y rigido		X			

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1.3
-----	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	43.89
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 13: Ficha de Observación 009

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	009
Código Pro.	C-1

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

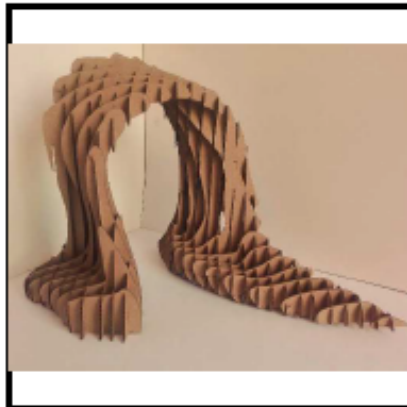


Imagen de Prototipo

1.1	Fecha de Fabricación (corte)	28/09/2017
1.2	Tiempo de fabricación (corte)	16m58s
1.3	Tiempo de ensamblado	2h47m
1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	26	2.7	Área del prototipo (m2)	3.5
2.2	Numero de planos en el eje Y	34	2.8	Altura del prototipo (m)	2.4
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.191	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.198
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	19.13	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	200.67
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	206
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
-----------	-------	---------	------	------------	---	---	---	---	---

En los niveles de clasificación presentados responder:

3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico		X						
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima			X					
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje		X						
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función		X						
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas		X						
3.6	El prototipo es estable y rigido		X						

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	0,6
-----	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	40,96
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0,60x0,90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2,44x1,22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 14: Ficha de Observación 010

"FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS PORTABLES Y EFÍMEROS PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO – 2017"

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° de Ficha	010
Código Pro.	C-2

1) Datos Generales aplicados a la fabricación digital del prototipo

 <p>Imagen de Prototipo</p>	1.1	Fecha de Fabricación (corte)	28/09/2017
	1.2	Tiempo de fabricación (corte)	29m11s
	1.3	Tiempo de ensamblado	3h05m
	1.4	Sistema de fabricación	Planos entrecruzados, corte laser
	1.5	Material predominante	Carton microcorrugado
	1.6	Separación entre planos	12cm (eje x) y 12cm (eje y)
	1.7	Software de Origen y V.	Rhinoceros 5.0

2) Datos específicos sobre las Características físicas del prototipo

2.1	Numero de planos en el eje X	41	2.7	Área del prototipo (m2)	4.9
2.2	Numero de planos en el eje Y	36	2.8	Altura del prototipo (m)	2.9
2.3	Área contenida en cortes Es. (m2)	0.39	2.9	Peso del prototipo Escala (Kg)	0.403
2.4	Área contenida en cortes Re. (m2)	38.91	2.10	Peso del prototipo Real (Kg)	408.2
2.5	Espesor del material Escala (mm)	1.5	2.11	Numero de uniones	339
2.6	Espesor del material Real (mm)	15			

3) Datos específicos sobre las cualidades morfo espaciales del prototipo

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Deficiente	E	B	R	M	D
3.1	El prototipo se comporta como mobiliario Publico						X			
3.2	Como clasifica el prototipo en función al clima							X		
3.3	Que tan transportable es el prototipo para su montaje								X	
3.4	Como clasifica la forma del Prototipo según su función						X			
3.5	El prototipo es compatible a conexiones electrónicas						X			
3.6	El prototipo es estable y rigido						X			

4) Datos del proceso de construcción del prototipo



5) Datos de estimación para el prototipo final

5.1	Numero de planchas usadas (escala)	1.3
-----	------------------------------------	-----

5.3	Porcentaje desperdicio por corte (Escala)	44.57
-----	---	-------

5.2	Dimensiones de plancha Cartón (m)	0.60x0.90
-----	-----------------------------------	-----------

5.4	Dimensiones de plancha de Plywood	2.44x1.22
-----	-----------------------------------	-----------

Anexo 15: Criterios para la valoración de las características cualitativas (escala de Likert) de los prototipos en la ficha de observación

A. El prototipo se comporta como mobiliario público:

- Se puede ubicar en “espacios públicos” dentro del campus de la Universidad Continental
- Tiene una función o funciones específicas, para los usuarios dentro del campus, o estos pueden llegar a dársela

B. Como clasifica al prototipo en función al clima

- Presenta alguna cobertura para protección contra el clima, particularmente el área donde se ubica la computadora
- Se puede construir con materiales que resistan a la humedad y a la radiación solar

C. Que tan transportable es el prototipo para su montaje

- Fue desarrollado con una técnica que permita su ensamble y desensamble
- El módulo conserva intactas sus funcionalidades pese al ensamble y desensamble
- El peso de las piezas es el adecuado para su transporte

D. Como clasifica la forma del prototipo según su función

- Cumple la función de dar descanso e interrelación a los usuarios
- Cumple la función de módulo informático para los usuarios
- Además de cumplir sus funciones presenta formas agradables, orgánicas y no convencionales

E. El prototipo es compatible a conexiones electrónicas

- Puede instalarse cableado eléctrico a través de sus piezas

F. El prototipo es estable y rígido

- Presenta una superficie considerable en contacto con el suelo que le otorgue estabilidad
- Presenta la cantidad de piezas adecuadas que le otorguen rigidez

Anexo 16: Validación del instrumento por juicio de experto

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION - JUICIO DE EXPERTO

TESIS: FABRICACIÓN DIGITAL APLICADA AL DISEÑO DE ESPACIOS
ARQUITECTÓNICOS PORTABLES PARA EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD
CONTINENTAL HUANCAYO* – 2017

Investigador: Ricardo Nattery Chavez

Adjunta a la presente el instrumento de investigación el cual viene a ser una Ficha de Observación.

Recomendaciones:

Ninguna

VALORACIÓN QUE LE DA AL INSTRUMENTO

B

Opciones de Valoración de su aplicabilidad: A) Muy Buena B) Buena C) Regular D) Mala E) Deficiente

Validado por:	<i>Guillermo Josuillo Cabrera</i>		
DNI N°	<i>19986893</i>	Teléfono/Celular:	<i>957952394</i>
Dirección domiciliaria:	_____		
Título profesional:	<i>Ingeniero de Sistemas y Computación</i>		
Grado Académico:	<i>Bachiller en Ingeniería</i>		
N° Colegiatura:	_____		
Lugar de trabajo y cargo que desempeña	<i>Universidad Continental Jefe de Laboratorio</i>		



 Guillermo Josuillo Cabrera
 Jefe de Laboratorio de
 Ingeniería y Computación
 Universidad Continental