

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORÁNEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

1

Diseño y Manufactura de una Colección de Joyería Contemporánea Inspirada en la Región de
Santander, Combinando los Métodos de Diseño Paramétrico y Técnicas Artesanales

Laura Cristina Gutiérrez López y Marbelle Tatiana Díaz Mantilla

Trabajo de Grado para Optar al Título de Diseñador Industrial

Director

Denis Senith Cabrera Anaya

Diseño Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánica

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Hoy miro hacia atrás y veo que mi niña interior está más que agradecida por mi compromiso, amor por la carrera y las ganas de seguir aun cuando sentía que ya no podía más.

A Dios por darme la sabiduría que necesite cada uno de los días en el paso por la UIS.

A mi mamá y hermana por el apoyo, por la compañía, por los silencios, los sacrificios, las oportunidades y por el bienestar que me brindaron cada uno de los días hasta este momento. Especialmente a mi papá que, aunque ya no me acompañe en este plano sé que está conmigo, que me acompañó cada día de su vida, por su esfuerzo, su ejemplo de vida, su humildad y por enseñarme a crecer académicamente sin nunca olvidar mis raíces.

A mis amigos del alma por su compañía, por cada aliento, por cada momento, por compartir tanto conocimiento, tanta inspiración y por alentarnos mutuamente. A ti por escucharme, acompañarme, por creer y confiar en mí.

Tatiana D.

Este proyecto se debe a las maravillosas personas que tengo como familia, que durante todo lo que emos compartido a lo largo de nuestras vidas nos ha llevado a lo que somos y que el

apoyo que nos damos nos puede llevar a ser y hacer grandes cosas como personas.

Gracias por la comprensión y el esfuerzo que me han brindado durante la ejecución de este proyecto y la culminación de mi carrera ;.)

Laura G.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la profesora Denis por guiarnos en el desarrollo del proyecto, por su dedicación como docente y como directora donde con respeto y mucho aprecio nos brindó su apoyo desde unas palabras de aliento, el prestarnos la literatura que nos ayudó en la comprensión del programa Grasshopper y procesos para la realización de pátinas ya que gracias a estos adquirimos conocimientos que influyeron para obtener los resultados logrados, por los espacios en los cursos del SENA donde hacíamos parte de un constante aprendizaje en el uso de herramientas del taller de joyería.

Gracias a nuestra familia que con su apoyo económico y emocional nos animaban a sacar adelante el proyecto, aún más en los días donde nos encontrábamos saturadas de información.

Gracias a todas las personas que indirectamente estuvieron inmersas es todo el proceso de diseño, desarrollo y fabricación de las joyas.

Gracias a nosotras por la dedicación, por el esfuerzo, por el aprendizaje mutuo, por la comprensión en los días difíciles de la otra, por el apoyo mutuo, por las ganas de aprender tantas herramientas y conocimientos que nos quedan para la vida.

Gracias a Laura Gutiérrez por el respeto, el apoyo y la comprensión cada uno de los días en los que me sentía angustiada, a las amistades que nos deja el paso por la Universidad.

Gracias Tatiana por la dedicación y compromiso que asumió con el proyecto, el talento que posee para seguir adelante en todos los ámbitos de la vida sin importar que suceda, gracias por soportar mi temperamento y “personalidad complicada”.

A todos ustedes GRACIAS.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

4

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	22
1. Objetivos	24
1.1 Objetivo General.....	24
1.2 Objetivos Específicos.....	24
2. Metodología	25
3. Planteamiento del Problema	26
3.1 Antecedentes	27
3.2 Justificación	28
4. Marco Teórico.....	28
4.1 Fabricación de Joyería	28
4.1.1 Técnicas para la Fabricación de Joyería	29
4.1.1.1 Técnica de Armado.....	29
4.1.1.2 Técnica de Fundición a la Cera Perdida.	29
4.1.2 Metales Utilizados en la Joyería	30
4.1.2.1 Otros Materiales.....	32
4.2 Técnicas de Acabados.....	33
4.2.1 Coloración del Metal desde la Aleación	33
4.2.2 Pátina.....	34
4.2.3 Esmaltado.....	35

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	5
4.2.4 Texturas.....	35
4.3 Aplicación de la Artesanía en el Diseño de Joyería.....	36
4.3.1 Clasificación de Artesanía	36
4.3.1.1 Artesanía Indígena.	36
4.3.1.2 Artesanía Tradicional Popular.	36
4.3.1.3 Artesanía Contemporánea o Neoartesanía.	36
4.4 Aplicación de Nuevas Tecnologías en la Joyería	37
4.4.1 Rhinoceros y Grasshopper	37
4.4.2 Impresión 3D en la Joyería	38
5. Desarrollo del Proyecto.....	40
5.1 Cliente Objetivo	40
5.2 Definición Requerimientos de las Colecciones	40
5.3 Elaboración Formal de las Colecciones.....	42
5.3.1 Construcción Conceptual de las Colecciones	42
5.3.1.1 Elementos Representativos.	42
5.3.1.2 Atributos de los Elementos Representativos.....	42
5.3.1.3 Moodboard.....	43
5.3.2 Modelado Digital en Rhinoceros y Grasshopper	47
5.3.2.1 Páramo de Santurbán.	48
5.3.2.2 Hormiga Culona.....	49
5.3.2.3 Cañón del Chicamocha.	50

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	6
5.3.3 Diseño Paramétrico de Alternativas Finales	51
5.3.3.1 Alternativas Páramo de Santurbán.....	51
5.3.3.1.1 Alternativa 1.....	51
5.3.3.1.2 Alternativa 2.....	53
5.3.3.1.3 Alternativa 3.....	55
5.3.3.2 Alternativas Hormiga Culona	57
5.3.3.2.1 Alternativa 1.....	57
5.3.3.2.2 Alternativa 2.....	59
5.3.3.2.3 Alternativa 3.....	61
5.3.3.3 Alternativas Cañón del Chicamocha.....	63
5.3.3.3.1 Alternativa 1.....	63
5.3.3.3.2 Alternativa 2.....	65
5.3.3.3.3 Alternativa 3.....	67
5.4 Experimentación con Técnicas de Acabado Artesanal.....	69
5.4.1 Pátinas	70
5.4.1.1 Preparación de la Superficie del Metal.	70
5.4.1.2 Patrones en la Superficie del Metal.	71
5.4.1.3 Resultados de las Pátinas.	72
5.4.1.4 Conservación de la Pátina.	78
5.4.2 Esmalte Sobre Metal.....	78
5.4.2.1 Proceso de Esmaltado sobre Metal.	79

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	7
5.4.2.2 Resultado del Esmaltado.....	80
5.5 Combinación de Diseño Paramétrico y Acabado Artesanal.....	82
5.5.1 Aplicación de Acabado Artesanal.....	82
5.5.1.1 Alternativas Páramo de Santurbán.....	83
5.5.1.2 Alternativas Hormiga Culona.....	84
5.5.1.3 Alternativas Cañón del Chicamocha.....	86
5.5.2 Alternativas Finales.....	87
5.5.2.1 Colección Páramo de Santurbán.....	87
5.5.2.2 Colección Hormiga Culona.....	90
5.5.2.3 Colección Cañón del Chicamocha.....	93
5.6 Evaluación y Selección de Alternativas por Colección.....	96
5.6.1 Evaluación de Alternativas por Cumplimiento de Requerimientos.....	96
5.7 Verificación.....	99
5.7.1 Prototipo de Baja Fidelidad.....	99
5.7.2 Verificación con Expertos.....	100
5.7.2.1 Prueba de Paseo Cognitivo.....	100
5.8 Detalles de las Alternativas Finales.....	102
5.8.1 Colección Páramo de Santurbán Alternativa 1.....	102
5.8.2 Colección Hormiga Culona Alternativa 2.....	104
5.8.3 Colección de Cañón del Chicamocha Alternativa 1.....	106
5.9 Fabricación de los Aretes de la Colección Páramo de Santurbán.....	111

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

8

5.9.1 Modelo Impreso en Resina	111
5.9.2 Elaboración del Molde en Caucho y Replica del Modelo en cera.....	111
5.9.3 Elaboración del molde en yeso	112
5.9.4 Proceso de Fundición.....	113
5.9.5 Detalles finales y Acabado de la pieza	113
5.10 Validación.....	114
5.10.1 Validación Colección Páramo de Santurbán.....	114
5.10.1.1 Protocolo.....	114
5.10.1.2 Desarrollo de Pruebas.....	116
5.10.1.3 Análisis de los Resultados.....	118
5.10.1.3.1 Tiempo en Completar la Postura de la Pieza	118
5.10.1.3.2 Número de Errores en la Postura de la Pieza.....	119
5.10.1.3.3 Comodidad de la Pieza.....	120
5.10.1.3.4 Calidad de la Pieza.....	121
5.10.1.3.5 Versatilidad de la pieza.....	122
5.10.1.3.6 Escala SUS de la pieza.....	124
5.10.2 Validación Métodos de Modelado	125
5.10.2.1 Protocolo.....	125
5.10.2.2 Desarrollo de Pruebas.....	126
5.10.2.3 Análisis de los Resultados.....	126
5.10.2.3.1 Conocimiento Sobre Modelado 3D para Joyería.....	126

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

9

5.10.2.3.2 Prueba de Eficiencia	128
5.10.3 Recomendaciones y Conclusiones de prueba de Validación.....	130
5.11 Entregables.....	130
6. Conclusiones	132
7. Recomendaciones	133
Referencia Bibliográficas.....	134

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

10

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Propiedades físicas de los metales preciosos</i>	31
Tabla 2 <i>Propiedades físicas de algunos metales no preciosos</i>	31
Tabla 3 <i>Pureza del oro</i>	32
Tabla 4 <i>Pureza de la plata</i>	32
Tabla 5 <i>Materiales a partir de aleaciones</i>	33
Tabla 6 <i>Colores de oro más comunes</i>	34
Tabla 7 <i>Coloración con técnicas de patinado</i>	34
Tabla 8 <i>Tabla de requerimientos</i>	41
Tabla 9 <i>Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Páramo de Santurbán</i>	97
Tabla 10 <i>Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Hormiga Culona</i>	98
Tabla 11 <i>Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Cañón del Chicamocha</i> .	98
Tabla 12 <i>Paseo cognitivo con experto orfebre</i>	101
Tabla 13 <i>Costo de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1</i>	102
Tabla 14 <i>Costo de la colección Hormiga Culona Alternativa 2</i>	104
Tabla 15 <i>Costo de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión A)</i>	106
Tabla 16 <i>Costo de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión B)</i>	108
Tabla 17 <i>Comparación de porcentajes</i>	110
Tabla 18 <i>Protocolo prueba de validación con usuarios</i>	115

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	11
Tabla 19 <i>Descripción de las variables</i>	116
Tabla 20 <i>Descripción de la prueba Tiempo en completar la postura de la pieza</i>	118
Tabla 21 <i>Descripción de la prueba Número de errores en la postura de la pieza</i>	119
Tabla 22 <i>Descripción de la prueba Comodidad de la pieza</i>	120
Tabla 23 <i>Descripción de la prueba Calidad de la pieza</i>	121
Tabla 24 <i>Descripción de la prueba Versatilidad de la pieza</i>	122
Tabla 25 <i>Descripción de la prueba Escala SUS de la pieza</i>	124
Tabla 26 <i>Protocolo prueba de validación con joyeros</i>	125
Tabla 27 <i>Descripción de la prueba de Conocimiento sobre modelado 3D para joyería</i>	127
Tabla 28 <i>Descripción de la prueba Eficiencia en la modificación de una pieza</i>	128

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

12

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Metodología planteada para el desarrollo del proyecto</i>	25
Figura 2 <i>Estructura básica de la técnica de armado</i>	29
Figura 3 <i>Estructura básica de la técnica fundición a la cera perdida</i>	29
Figura 4 <i>Construcción de un cubo desde grasshopper y visualización en Rhinoceros 6</i>	38
Figura 5 <i>Caracterización de los elementos representativos</i>	43
Figura 6 <i>Moodboard Páramo de Santurbán</i>	44
Figura 7 <i>Moodboard Hormiga Culona</i>	45
Figura 8 <i>Moodboard Cañón del Chicamocha</i>	46
Figura 9 <i>Paneles de componentes básicos de Grasshopper</i>	47
Figura 10 <i>Bocetos iniciales del Páramo de Santurbán</i>	48
Figura 11 <i>Modelos iniciales del Páramo de Santurbán</i>	49
Figura 12 <i>Bocetos iniciales de la Hormiga Culona</i>	49
Figura 13 <i>Modelos iniciales de la hormiga culona</i>	50
Figura 14 <i>Bocetos iniciales del Cañón del Chicamocha</i>	50
Figura 15 <i>Modelos iniciales del Cañón del Chicamocha</i>	51
Figura 16 <i>Construcción de la Alternativa 1 Páramo de Santurbán</i>	52
Figura 17 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Páramo de Santurbán</i>	52

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	13
Figura 18 <i>Construcción de la Alternativa 2 Páramo de Santurbán</i>	54
Figura 19 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Páramo de Santurbán</i>	54
Figura 20 <i>Construcción de la Alternativa 3 Páramo de Santurbán</i>	56
Figura 21 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Páramo de Santurbán</i>	56
Figura 22 <i>Construcción de la Alternativa 1 Hormiga Culona</i>	58
Figura 23 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Hormiga Culona</i>	58
Figura 24 <i>Construcción de la Alternativa 2 Hormiga Culona</i>	60
Figura 25 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Hormiga Culona</i>	60
Figura 26 <i>Construcción de la Alternativa 3 Hormiga Culona</i>	62
Figura 27 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Hormiga Culona</i>	62
Figura 28 <i>Construcción de la Alternativa 1 Cañón del Chicamocha</i>	64
Figura 29 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Cañón del Chicamocha</i>	64
Figura 30 <i>Construcción de la Alternativa 2 Cañón del Chicamocha</i>	66
Figura 31 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Cañón del Chicamocha</i>	66

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	14
Figura 32 <i>Construcción de la Alternativa 3 Cañón del Chicamocha</i>	68
Figura 33 <i>Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Cañón del Chicamocha</i>	68
Figura 34 <i>Limpieza mecánica de la superficie del metal</i>	70
Figura 35 <i>Limpieza química de la superficie del metal</i>	71
Figura 36 <i>Técnicas para la creación de patrones</i>	71
Figura 37 <i>Pátinas en latón</i>	72
Figura 38 <i>Espectro de la coloración en el latón</i>	74
Figura 39 <i>Pátinas en cobre</i>	75
Figura 40 <i>Espectro de la coloración en el cobre</i>	77
Figura 41 <i>Pátinas en plata</i>	77
Figura 42 <i>Técnicas de recubrimiento para la protección de la pátina</i>	78
Figura 43 <i>Proceso del esmaltado de metales en horno</i>	79
Figura 44 <i>Prueba de esmalte sobre diferentes metales</i>	80
Figura 45 <i>Técnicas de aplicación de esmalte</i>	80
Figura 46 <i>Aplicación de esmalte (translúcido) sobre el modelo de Arete 1 colección Páramo de Santurbán</i>	83
Figura 47 <i>Aplicación de pátinas en latón sobre el modelo de Arete 2 colección Páramo de Santurbán</i>	83
Figura 48 <i>Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 3 colección Páramo de Santurbán</i>	84

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

15

Figura 49 <i>Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 1 colección Hormiga Culona</i>	84
Figura 50 <i>Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 2 colección Hormiga Culona</i>	85
Figura 51 <i>Aplicación de esmalte (sólido) sobre el modelo de Arete 3 colección Hormiga Culona</i>	85
Figura 52 <i>Aplicación de esmalte (degradado) sobre el modelo de Arete 1 colección Cañón del Chicamocha</i>	86
Figura 53 <i>Aplicación de esmalte (translúcido) sobre el modelo de Arete 2 colección Cañón del Chicamocha</i>	86
Figura 54 <i>Aplicación de pátinas en latón sobre el modelo de Arete 3 colección Cañón del Chicamocha</i>	87
Figura 55 <i>Render de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1</i>	87
Figura 56 <i>Render de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 2</i>	88
Figura 57 <i>Render de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 3</i>	89
Figura 58 <i>Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 1</i>	90
Figura 59 <i>Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 2</i>	91
Figura 60 <i>Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 3</i>	92
Figura 61 <i>Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1</i>	93
Figura 62 <i>Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 2</i>	94
Figura 63 <i>Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 3</i>	95

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

	16
Figura 64 <i>Alternativas finales de cada colección</i>	99
Figura 65 <i>Prototipos de baja fidelidad</i>	100
Figura 66 <i>Prototipos de baja fidelidad con herrajes</i>	100
Figura 67 <i>Poster de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1</i>	103
Figura 68 <i>Poster de la colección Hormiga Culona Alternativa 2</i>	105
Figura 69 <i>Poster de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión A)</i>	107
Figura 70 <i>Poster de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión B)</i>	109
Figura 71 <i>Modelos de los aretes en resina</i>	111
Figura 72 <i>Molde en caucho y replicas en cera del par de aretes</i>	112
Figura 73 <i>Árbol de piezas en cera y molde en yeso</i>	112
Figura 74 <i>Proceso de fundición del metal</i>	113
Figura 75 <i>Aretes con acabados finales</i>	114
Figura 76 <i>Participantes durante las validaciones</i>	117
Figura 77 <i>Grafica de los resultados de la prueba Tiempo en completar la postura de la pieza</i>	119
Figura 78 <i>Gráfica de los resultados de la prueba Número de errores en la postura de la pieza</i>	120
Figura 79 <i>Grafica de los resultados de la prueba Comodidad de la pieza</i>	121
Figura 80 <i>Grafica de los resultados de la prueba Calidad de la pieza</i>	122
Figura 81 <i>Grafica de los resultados de la prueba Versatilidad de la pieza</i>	123
Figura 82 <i>Grafica de los resultados de la prueba Escala SUS de la pieza</i>	125
Figura 83 <i>Prueba de variaciones de forma, calibre y tamaño</i>	126

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

17

Figura 84 *Gráfica de los resultados de la prueba Conocimiento sobre modelado 3D para joyería*
..... 127

Figura 85 *Gráfica de los resultados de la prueba Eficiencia en la modificación de una pieza .* 129

Figura 86 *Colección completa con una pieza en material final* 131

Lista de Apéndices

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

Apéndice A. Planteamiento del Proyecto

Apéndice B. Encuesta y Tabulación de las Pruebas para la Definición del Cliente Potencial

Apéndice D. Encuesta y Tabulación de las Pruebas para Identificar los Elementos que
Representan a Santander

Apéndice E. Encuesta y Tabulación de las Pruebas para Seleccionar los Atributos de los
Elementos Representativos

Apéndice F. Especificaciones de Alternativas 1,2 y 3 Colección Páramo de Santurbán

Apéndice G. Especificaciones de Alternativas 1,2 y 3 Colección Hormiga Culona

Apéndice H. Especificaciones de Alternativas 1,2 y 3 Colección Cañón del Chicamocha

Apéndice I. Proceso de Elaboración de las Pátinas

Apéndice J. Protocolo y Ejecución de la Verificación Antropométrica de las 3 Colecciones

Apéndice K. Protocolo y Ejecución de las Verificaciones del Requerimiento Formal de las 3
Colecciones

Apéndice L. Protocolo y Tabulación Verificación del Requerimiento de Función en las 3
Colecciones

Apéndice M. Consentimiento Informado al Experto en Joyería.

Apéndice N. Protocolo para la Validación de la Colección Páramo de Santurbán

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

19

Apéndice N. Encuestas y Tabulación de la Prueba Manipulación para Eficiencia y Eficacia

Apéndice Ñ. Encuestas y Tabulación de la Prueba Manipulación para la Comodidad de la Pieza

Apéndice O. Encuestas y Tabulación de la Prueba Manipulación para la Calidad de la Pieza

Apéndice P. Encuestas de Manipulación para Validar la Versatilidad de la Pieza

Apéndice Q. Encuesta y Tabulación de la Prueba de Satisfacción

Apéndice R. Encuesta de conocimiento en modelado 3D con joyeros

Resumen

Título: Diseño y manufactura de una colección de joyería contemporánea inspirada en la región de Santander, combinando los métodos de diseño paramétrico y técnicas artesanales*

Autor: Laura Cristina Gutiérrez López y Marbelle Tatiana Díaz Mantilla**

Palabras Clave: Santander, modelado paramétrico, joyería contemporánea, técnicas artesanales, impresión 3D.

Descripción: El departamento de Santander es conocido como el centro joyero del país, sus piezas de joyería se caracterizan por fabricarse de manera industrial, tener un estilo convencional y expresión de técnicas tradicionales. A pesar de presentar atributos llamativos siguen siendo piezas de producción en línea, en las que no se experimenta diversas técnicas y tecnologías para generar nuevas propuestas. En consecuencia, podemos decir que abordar la joyería desde un concepto o expresión artística diferente, como el contemporáneo, es una oportunidad para destacar aquello que enmarca nuestra cultura.

Con el fin de dar una nueva perspectiva a la joyería santandereana, se plantea un enfoque contemporáneo que nos permite combinar técnicas como la industrializada y la artesanal donde partiremos de la investigación y experimentación de materiales, procesos y técnicas comúnmente utilizadas y aquellas que no se han tenido en cuenta tradicionalmente. De esta manera se propone crear una colección de tres líneas que resalten y reflejan la cultura de esta región mediante la convergencia del diseño paramétrico y técnicas artesanales, desde la identificación, definición, tratamiento y diseño modular de las formas abstraídas de elementos representativos, implementando programas de modelado CAD, tecnología de impresión 3D y técnicas que permitan acabados especiales que den carácter y exclusividad a las colecciones.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Denis Senith Cabrera Anaya

Abstract

Title: Design and manufacture of a contemporary jewelry collection inspired by the Santander region, combining parametric design methods and handcrafted techniques[†]

Author(s): Laura Cristina Gutiérrez López y Marbelle Tatiana Díaz Mantilla^{**}

Key Words: Santander, parametric modeling, contemporary jewelry, handicrafts techniques, 3D print.

Description: The department of Santander is known as the jewelry center of the country, its jewelry pieces are characterized by being manufactured in an industrial way, having a conventional style and expression of traditional techniques. In spite of presenting striking attributes, they are still pieces of line production, in which diverse techniques and technologies are not experimented to generate new proposals. Consequently, we can say that approaching jewelry from a different concept or artistic expression, such as contemporary, is an opportunity to highlight that which frames our culture.

In order to give a new perspective to jewelry from Santander, we propose a contemporary approach that allows us to combine techniques such as industrialized and handmade where we will start from the research and experimentation of materials, processes and techniques commonly used and those that have not been traditionally taken into account. In this way we propose to create a collection of three lines that highlight and reflect the culture of this region through the convergence of parametric design and craft techniques, from the identification, definition, treatment and modular design of abstracted forms of representative elements, implementing CAD modeling programs, 3D printing technology and techniques that allow special finishes that give character and exclusivity to the collections.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: Denis Senith Cabrera Anaya

Introducción

“Con más de dos mil años de desarrollo, la orfebrería de Colombia es uno de los patrimonios inmateriales más importantes del país. Mezcla del legado indígena y la influencia recibida en la época de la colonia, la tradición orfebre colombiana se destaca en técnicas como el martillado, la fundición a la cera perdida y la filigrana.” (Colombia, patrimonio orfebre del mundo, s.f.). A partir de la transformación de este legado artesanal se originó lo que hoy se conoce como la industria joyera de Colombia. Esta industria se caracteriza por la calidad de la mano de obra de los joyeros, tener un estilo tradicional al que se le ha integrado nuevos conceptos y ofrecer productos de alta calidad. La actividad de este sector se lleva a cabo en pequeños establecimientos, comercios y talleres familiares que se concentra en los departamentos de Antioquia, Santander, Valle del Cauca, Chocó, Cauca, Córdoba, Bolívar y Nariño (Legiscomex, 2007).

La tradición orfebre, la calidad de la materia prima y el uso de técnicas diversas hacen a la joyería colombiana reconocida a nivel mundial y con alto potencial de expansión. En los últimos años, ha comercializado estos artículos de lujo a los países: Estados Unidos, Chile, Guatemala, México, Suiza, Panamá, Alemania y algunos del continente asiático (López, 2021). A pesar de tener estos atributos e historial de exportación la industria joyera nacional, específicamente Santander, tiene una lenta evolución en cuanto a innovación de conceptos, perspectiva y tecnología lo que ha impedido que participe de nuevos mercados. Teniendo en cuenta la importancia del sector para la economía de la región, se plantea crear una estrategia que fortalezca y optimice las distintas actividades dentro del proceso de fabricación, mediante la implementación del diseño

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORÁNEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

23

paramétrico y la aplicación de nuevas tecnologías, a su vez, es necesario integrar el concepto contemporáneo para la utilización de materiales no convencionales en la joyería santandereana que añadan el factor diferenciador a través de diseños únicos y distintivos, usando como referente o fuente de inspiración elementos propios de la región de Santander.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Aportar valor diferenciador a la joyería santandereana a partir de elementos representativos de la región como fuente de inspiración mediante el uso del diseño paramétrico y técnicas artesanales.

1.2 Objetivos Específicos

Utilizar elementos representativos de Santander que aporten nuevos conceptos formales en el diseño de joyería santandereana.

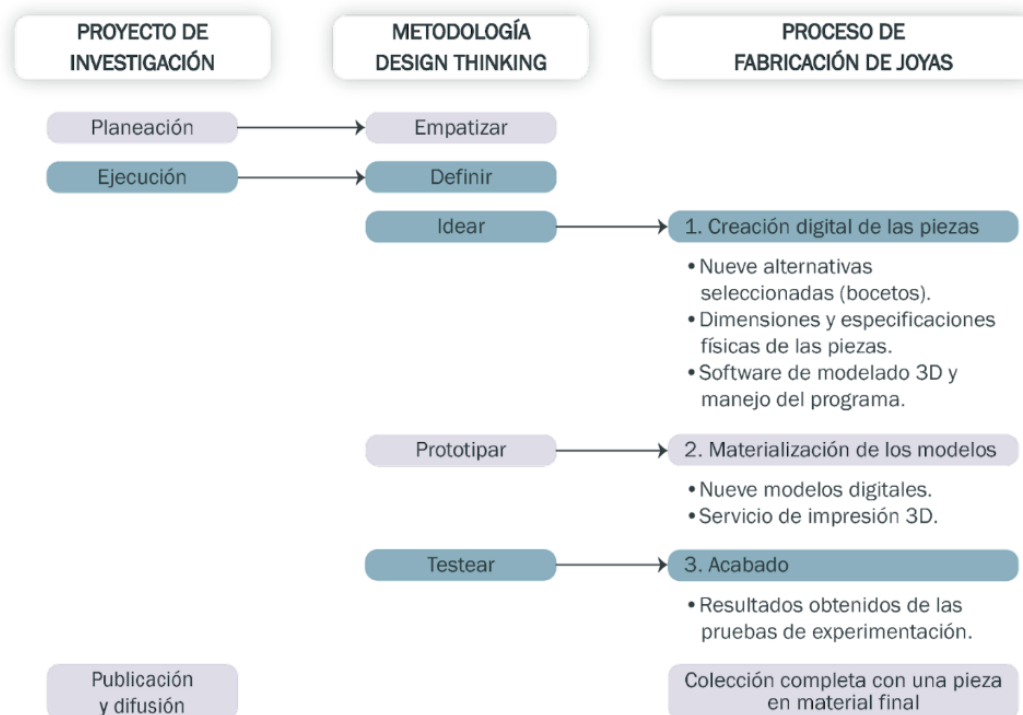
Implementar el diseño paramétrico en la fabricación de piezas de joyería para la creación de geometrías complejas y modificables.

Aplicar técnicas artesanales para el acabado de piezas de joyería que le den carácter de exclusividad a las joyas.

2. Metodología

Todo proyecto parte de la aplicación de una metodología existente que sirve como guía y orienta su desarrollo, no obstante, la ejecución depende del proyecto y el grado de importancia de las actividades que lo componen. De manera general el proyecto de investigación se realiza en tres partes: planeación, formulación del proyecto de investigación; ejecución, desarrollo de la investigación; publicación y difusión, elaboración del informe de investigación y divulgación de los resultados (UMNG,2017). Con el propósito de centrar el proyecto en el usuario se implementa la metodología de Design Thinking, que por medio de una serie de etapas da solución a las necesidades de manera efectiva, innovadora y creativa.

Figura 1 Metodología planteada para el desarrollo del proyecto



En la Figura 1. Se observa la organización del desarrollo del proyecto, en el que se especifica las actividades planeadas en las etapas idear, prototipar y testear, y que hacen parte del proceso de fabricación de las colecciones de joyería. En el Apéndice A se detalla y clasifica en una tabla las actividades a ejecutar durante el proyecto.

3. Planteamiento del Problema

En la Cámara de Comercio de Bucaramanga hay 338 empresas registradas en la clasificación 3210 “Fabricación de joyas, bisutería y artículos conexos”, de las cuales el 97,9% son microempresas y el 2,1% pequeñas empresas familiares (Compite 360, 2021). Las empresas que pertenecen al sector joyero son las responsables de producir el 29% de joyería en plata que se comercializa en el país, posicionando a Santander como el tercer departamento que más contribuye en la producción nacional según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2007). Sin embargo, en el sector se presentan algunas restricciones como la informalidad, la poca disponibilidad de recursos financieros, la desigualdad en la adquisición tecnológica, el enfoque en la estandarización de los productos y hay baja innovación en el diseño de la joyería (CRCI Santander Competitivo, 2011).

Teniendo en cuenta el porcentaje de participación a nivel nacional en la producción de joyería y la baja innovación en el diseño de joyería santandereana, se considera una actividad de interés en la región para la cual se busca agregar valor en el diseño mediante la implementación de herramientas de modelado 3D que permitan la elaboración de diseños complejos y optimización

de procesos productivos, combinado con técnicas de acabado que conserven el hecho a mano y añada aspectos llamativos para el cliente objetivo.

3.1 Antecedentes

En anteriores años se ha analizado el sector joyero en Santander desde distintos enfoques con el fin de mejorar aspectos como la organización, comercialización, oferta y demanda. El Centro Industrial del Diseño y la Manufactura (2020), ha propuesto un plan tecnológico en el cual contempla las tecnologías y procesos de producción dentro de las recomendaciones estratégicas, para la sostenibilidad en la red de artesanía y joyería con visión 2030.

La reciente popularización de la impresión 3D que disminuye el esfuerzo y tiempo invertido en los procesos creativos, “permite optimizar la manufactura de los productos de joyería al proporcionar alta precisión en el prototipado de los modelos de cera, los cuales posteriormente se procesan por microfusión para obtener las joyas terminadas” (Laguado & Olivella, 2015). Guillén (2015) en su tesis doctoral usa la impresión 3D para explorar diferentes posibilidades en la creación de piezas de joyería compaginando la visión artesanal con métodos de producción moderna, de igual forma Landívar y Pérez (2019) se valen del modelado 3D y prototipado para, mediante la biomimética y el diseño paramétrico lograr un patrón voronoi que puede ser aplicado a una línea de joyería.

Las empresas que adoptan estas estrategias fortalecen los procesos productivos y dan valor agregado a los productos que se hacen tangibles con herramientas como el modelado digital e impresión 3D, las cuales, de acuerdo con Muñoz y Sánchez (2016), tienen un impacto significativo

del proceso productivo en el sector de la joyería, mejorando la productividad, aumentando la calidad de las piezas producidas en serie y estar a la vanguardia de las exigencias del mercado.

3.2 Justificación

En las últimas décadas el mercado de joyería se ha centrado en la fabricación de piezas con diversas técnicas y la utilización de tecnología avanzada, que optimiza la producción y calidad en los diseños. Los mayores referentes de este mercado son las casas de joyería más exclusivas del mundo, como Chanel, Tiffany & Co., Cartier, Dior, entre otras casas de joyería que en torno a su historia definieron aquellos elementos que los representan y diferencian en el mercado.

El proyecto se enfocará en la investigación de las tecnologías que se utilizan en el sector de la joyería y las técnicas artesanales para el acabado del metal, con el fin de seleccionar con criterio los factores que ayudarán a la diversificación del proceso productivo. Sumado a estos factores y siendo un aspecto importante en la fabricación de joyería, se utilizan referentes propios de Santander que inspiren y conceptualicen la fase creativa para el diseño de joyería santandereana.

4. Marco Teórico

4.1 Fabricación de Joyería

El proceso para la fabricación de joyería depende de varios aspectos ligados principalmente al diseño de la pieza, el material en el que se va a fabricar y el acabado final. Esta parte inicial se determina en el proceso creativo, en el cual se consulta las tendencias y hay un trabajo en conjunto con el equipo que hace los bocetos de la pieza y los maestros orfebres que convierten los bosquejos

en prototipos (Sánchez, 2020). Con esta parte inicial clara, el orfebre pasa a elaborar la joya aplicando la técnica adecuada a las características de la pieza.

4.1.1 Técnicas para la Fabricación de Joyería

Existen dos técnicas generales que se emplean en la joyería: el armado y la fundición a la cera perdida. A continuación, se describe la estructura básica de cada una.

4.1.1.1 Técnica de Armado. Es un proceso artesanal que empieza con la fundición del metal, el cual se somete a una serie de transformaciones manuales o mecanizadas mediante el uso de herramientas y equipos especiales para dar forma a la pieza final.

Figura 2 Estructura básica de la técnica de armado



4.1.1.2 Técnica de Fundición a la Cera Perdida. Este proceso se utiliza en la producción en serie de uno o más modelos, para esto es necesario tener un modelo ya sea elaborado a mano con cera o mediante el modelado digital y la impresión 3D en resina especial. A diferencia de la anterior técnica, la fundición a la cera perdida optimiza el proceso de fabricación de joyería reduciendo tiempo y mano de obra.

Figura 3 Estructura básica de la técnica fundición a la cera perdida

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

30

TÉCNICA DE FUNDICIÓN A LA CERA PERDIDA
Proceso de producción en serie

1. Crear el modelo Tallar en cera o modelar en programas digitales la pieza de joyería.		6. Tratamiento térmico Aplicar calor al molde de yeso boca abajo, para sacar la cera.	
2. Crear el molde Cubrir el modelo con goma y vulcanizarlo.		7. Preparar el material Medir de las cantidades necesarias de los metales.	
3. Replicar el modelo Inyectar cera fundida al molde tantas veces sea necesario.		8. Fundir el metal con la aleación Calentar el metal y en estado líquido verter en el molde.	
4. Armar el árbol Añadir los bebederos a las copias de cera y se conectan para crear una estructura de árbol.		9. Retirar el árbol del molde Disolver el yeso con agua y sacar el árbol de metal.	
5. Aplicar el revestimiento Introducir el árbol en un cilindro y verter el yeso líquido.		10. Aplicar el acabado de la pieza Según el diseño de la joya.	

4.1.2 Metales Utilizados en la Joyería

En la joyería se fabrica piezas a partir de metales preciosos o nobles, y metales no preciosos o bases. Los metales nobles se caracterizan por ser brillantes, poco reactivos a productos químicos y dúctiles, es decir que resisten las deformaciones sin romperse. Al ser metales muy blandos, principalmente en el caso del oro y la plata, se deben mezclar con otros metales nobles o base para añadir cualidades mecánicas de rigidez y solidez.

A diferencia de los metales nobles, los metales base reaccionan con facilidad a los químicos llegando a oxidarse. Aunque algunas bases presentan propiedades físicas similares a los nobles, como en el caso del cobre que tiende a ser suave al igual que el oro y la plata, la mezcla de estos metales en determinados porcentajes da origen a materiales adecuados para la fabricación de piezas

de joyería (Bautista,2019). Estos materiales van a caracterizarse por ser resistentes a la corrosión, tener menor ductilidad y fragilidad, y tener mayor dureza.

Tabla 1 *Propiedades físicas de los metales preciosos*

Nombre	Oro (Au)	Plata (Ag)	Paladio (Pd)	Platino (Pt)	Rodio (Rh)
Color	Amarillo	Blanco	Blanco/gris	Gris	Blanco
Punto de fusión (C°)	1064	961,8	1555	1768	1963
Densidad (kg/cm ³)	19,3	10,49	12,02	21,45	12,45
Dureza Mohs	3	3	4,75	4,3	6

Tabla 2 *Propiedades físicas de algunos metales no preciosos*

Nombre	Cobre (Cu)	Titanio (Ti)	Zinc (Zn)
Color	Rojo/naranja	Gris	Gris
Punto de fusión (C°)	1085	1668	419,5
Densidad (kg/cm ³)	8,96	4,5	7,14
Dureza Mohs	3	6	2,5

Nota. Tabla 1. y Tabla 2. Oro (Au) *Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente.* (s.f.). Lenntech. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/au.htm#Nombre>

Debido a esto se emplea el término quilates (K) o milésimas para indicar la cantidad de metal precioso que tiene una joya. Un metal puro equivale a 24 k o 999 milésimas y en el caso de una aleación, si hay 750 milésimas del metal significa que 250 milésimas son de un metal diferente. En la Tabla 3. y Tabla 4. Se expresa el oro y la plata en los porcentajes de pureza más usados en la joyería.

Tabla 3 Pureza del oro

Nombre	Milésimas de plata	Porcentaje de oro (pureza)	Equivalencia en quilates (k)
Oro puro	999	99,9%	24
Oro de primera ley	750	75%	18
Oro de segunda ley	585	58,5%	14
	417	41,7%	10

Tabla 4 Pureza de la plata

Nombre	Milésimas	Pureza
Plata pura	999	99,9%
	950	95%
Plata de primera ley o plata esterlina	925	92,5%
Plata de segunda ley	800	80%

Nota. Tabla 3. y Tabla 4. De “Tabla de correspondencia entre pureza, ley y contraste,” por Fernández, M. J. (2017, septiembre). *Metales preciosos I: conceptos básicos para entender su importancia*. Joyería Miguel. <https://joyeriamiguel.com/metales-preciosos-i-conceptos-basicos/>

4.1.2.1 Otros Materiales. Como se menciona anteriormente, se debe hacer aleaciones para fortalecer las propiedades de los metales. Las aleaciones son mezclas homogéneas de metal o no metales, realizadas a altas temperaturas, y con las que se obtienen nuevos materiales. En la siguiente tabla hay algunos ejemplos de materiales elaborados a partir de aleaciones.

Tabla 5 *Materiales a partir de aleaciones*

Acero	Acero inoxidable	Bronce	Latón
Hierro	Aleación de acero	Cobre	Zinc
Carbono	Níquel	Estaño	Cobre
Otros elementos en menor proporción	Cromo		

Nota. Tipos de aleaciones: propiedades y usos. (2021, abril). Aceropedia.
<https://aceropedia.com/definicion/aleaciones/>
<https://aceropedia.com/definicion/aleaciones/>

Estas aleaciones no hacen parte de los metales usados en la fabricación de joyería, sin embargo, tienen propiedades físicas y mecánicas que los hacen llamativos para la elaboración de accesorios ornamentales dentro de la bisutería. Entre estos metales el latón tiene la particularidad de presentar coloración mediante las pátinas, en el siguiente apartado se especifica sobre las pátinas.

4.2 Técnicas de Acabados

Al momento de elaborar joyería se debe tener en cuenta que acabado se va a aplicar a la pieza, ya sea para dar color, modificar el brillo, dar textura o hacer grabados en la superficie del metal, cada técnica de acabado aporta resultados con efectos únicos.

4.2.1 Coloración del Metal desde la Aleación

Esta técnica se da por las aleaciones del metal, dependiendo del porcentaje y los metales que se mezclen se va a obtener diferentes coloraciones metálicas. El oro es el metal más usado en la aplicación de esta técnica, se mezcla con plata, cobre, zinc, paladio y hierro, y de estas combinaciones se pueden obtener diversas coloraciones.

Tabla 6 *Colores de oro más comunes*

Oro amarillo	Oro rojo	Oro rosa	Oro blanco	Oro verde	Oro azul
75% oro	75% oro	75% oro	75% oro	75% oro	75% oro
12,5% plata 12,5% cobre	25% cobre	5% plata 20% cobre	15% paladio	25% plata	25% hierro

Nota. Ondarse, D. (2021, septiembre). *Oro: origen, usos, propiedades, aleaciones y características.* Enciclopedia Humanidades. <https://humanidades.com/oro/>

4.2.2 Pátina

El proceso de coloración para obtener las pátinas es un estado de oxidación o envejecimiento del metal al ser expuesto a tratamientos con químicos, generalmente esta técnica se realiza en materiales como latón, cobre y plata, y los resultados de patinado en su mayoría dan textura a la superficie. No obstante, este proceso depende de la limpieza del metal, el metal utilizado, la temperatura que se aplique, los componentes químicos usados y el tiempo que dure, y al obtener el resultado es necesario proteger la oxidación con laca o esmalte para que con el tiempo se mantenga el diseño logrado en la pieza.

Tabla 7 *Coloración con técnicas de patinado*

Verde	Café	Azul	Roja	Negro
Ácido nítrico y cobre	Ácido nítrico y hierro	Ácido nítrico, cobre y amoníaco	Cloruro de cobre y alcohol	Sulfato de potasio

Nota. *Guía Técnica y Materiales de Joyería.* Centro Tecnológico Andaluz del Diseño; 2009

En la anterior tabla se especifica con qué químicos se puede obtener determinadas coloraciones, pero no es seguro que funcionen con cualquier metal o se obtenga el mismo resultado.

4.2.3 Esmaltado

Los esmaltes son una de las técnicas más utilizadas en la joyería, se encuentra líquida (resina) o en polvo (cristales) y se fusiona a la superficie del metal con el horno o con un soplete, respectivamente. Proporciona acabados opacos, translúcidos o transparentes de manera profesional con el color y efecto elegido (Cómo esmaltar joyas, 2020). Debido a su característica adherencia se puede aplicar sobre cualquier tipo de superficie independientemente de la textura o en el caso de que esta sea troquelada, también hay posibilidad de aplicar esmalte siempre y cuando sea la versión en resina y esté espesa.

4.2.4 Texturas

Independientemente de si se realiza una coloración al metal por medio de las aleaciones o se aplica esmalte a una parte de la pieza es necesario dar textura a la superficie, ya sea para dar acabados mate (textura lisa que carece de brillo), satinado (textura entre mate y brillante) y brillante. Este tipo de texturas se realiza generalmente de manera manual por medio de herramientas y utilizando productos específicos para estos acabados. También se puede hacer texturas de grabados por medio de la laminadora o herramientas con las que se pueda ejercer presión en la superficie.

4.3 Aplicación de la Artesanía en el Diseño de Joyería

La integración del diseño a la artesanía o la artesanía al diseño es un tema que se ha planteado en muchas ocasiones, al existir un diálogo entre diseñadores y artesanos se convergen los conocimientos de ambas partes reinterpretando los procesos y generando productos competitivos.

4.3.1 Clasificación de Artesanía

La artesanía cumple una función ya sea de utilidad o decorativa, Artesanías de Colombia (s.f) la clasifica en artesanía indígena, tradicional y contemporánea:

4.3.1.1 Artesanía Indígena. Este tipo de artesanía se realiza a partir de experiencias, necesidades y cultura que pertenecen a comunidades étnicas donde se integra conceptos de arte y funcionalidad para la producción de bienes, estas prácticas hacen parte de su cultura y legado.

4.3.1.2 Artesanía Tradicional Popular. La artesanía tradicional se realiza por un determinado pueblo para la creación de objetos útiles y estéticos elaborados principalmente con materiales que se obtienen en el lugar, es una práctica transmitida por generaciones que expresa la cultura con la que se identifica y están influenciadas por algunos elementos de otras culturas o comunidades.

4.3.1.3 Artesanía Contemporánea o Neoartesanía. En esta artesanía se utiliza tecnología moderna y conceptos en tendencia que al ser empleados creativamente aporta al producto estética y originalidad, la inspiración se obtiene de diferentes contextos socioculturales y niveles tecno económicos.

El concepto de artesanía contemporánea se puede aprovechar en el sector de la joyería para la innovación, diferenciación y desarrollo en el mercado, cautivando a clientes contemporáneos para los cuales no hay propuestas que los satisfagan.

4.4 Aplicación de Nuevas Tecnologías en la Joyería

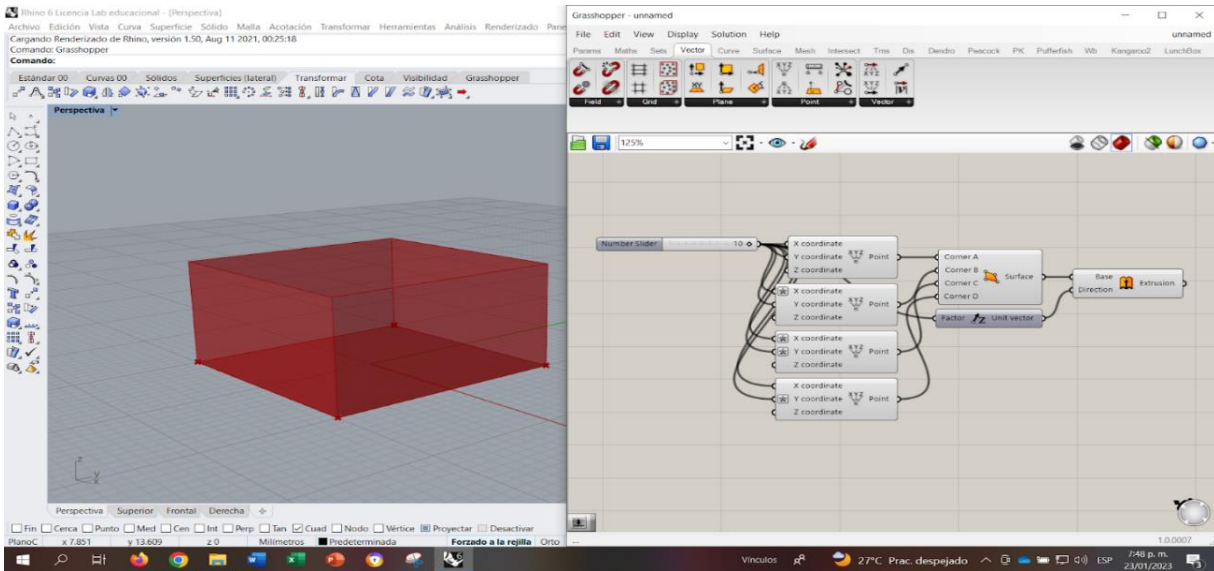
La joyería es una actividad artesanal en la que se requiere la intervención del joyero en la mayor parte del proceso productivo, pero la implementación de nuevos procesos de diseño y la llegada de nuevas tecnologías como el modelado 3D mediante el uso de programas y la impresión 3D con una amplia gama de materiales han optimizado tareas específicas dentro del sector mejorando la calidad de las piezas.

4.4.1 Rhinoceros y Grasshopper

Rhinoceros (Rhino) es un programa en el que se puede realizar y visualizar acciones mediante comandos, para la creación libre de modelos 3D detallados y precisos. En el sector de la joyería Rhino sirve como plataforma para plug-ins centrados en el modelado de joyería, algunos de los más usados en la industria son: Grasshopper, Panther3D, MatrixGold y CounterSketch.

Grasshopper (GH) a diferencia de otros softwares usa un lenguaje de programación de algoritmos generativos, con este se construye modelos geométricos u orgánicos adaptables y modificables con limitaciones de diseño marcadas por sistemas paramétricos, ya sean de algoritmos numéricos o textuales. Los algoritmos generativos se representan en nodos donde la información va de componente en componente por medio de cables que conectan salidas con entradas. Este sistema permite al diseñador optimizar tiempo en la corrección de errores y realización de cambios.

Figura 4 Construcción de un cubo desde grasshopper y visualización en Rhinoceros 6



Nota. Construcción de un cubo en GH partiendo de un plano al cual se conecta cuatro puntos con coordenadas específicas y se extruye en el eje Z, visualización del modelo en Rhino 6.

4.4.2 Impresión 3D en la Joyería

En joyería para obtener un modelo se talla a mano un bloque de cera con la ayuda de herramientas manuales o eléctricas buscando resultados finos, limpios y delicados, pero este proceso requiere de una gran inversión de tiempo, trabajo humano y años de experiencia. Debido a esto, la aparición de la impresión 3D ha sido la innovación más grande en la industria reduciendo el tiempo y esfuerzo en la fabricación de modelos.

“La impresión 3D, también llamada manufactura por adición es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D. Los plásticos y las aleaciones de metal son los

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

39

materiales más usados para la impresión 3D, pero se puede utilizar cualquier cosa, desde hormigón hasta tejido vivo” (Autodesk, s.f).

Con el avanzar de la tecnología, algunas empresas incorporaron máquinas de control numérico CNC en sus procesos de producción, es decir, se modela la joya en un software especializado de tres dimensiones (Diseño asistido por computador CAD), se pasa el diseño al software de la máquina de control numérico y ésta lo reproduce en el bloque de cera para continuar el proceso normal de cera perdida. Sin embargo, esta tecnología conlleva múltiples complicaciones y limitantes como la cantidad de ejes capaces de tallar el bloque de cera, la complejidad de su funcionamiento y el tiempo que tarda el proceso teniendo en cuenta que solo puede tallar una pieza a la vez.

Gracias a la variedad de materiales; modelos, para la elaboración de moldes en caucho o yeso; e imprimir piezas directamente en metales preciosos a las que solo se les debe añadir brillo, la impresión 3D ha sido el avance tecnológico más importante que la joyería ha tenido en proceso productivo ya que permite la creación de prototipos rápidos y piezas finales.

Grandes empresas en el mundo de la joyería emplean no sólo la impresión 3D sino el diseño digital, requerido como insumo de impresión, para realizar catálogos digitales a bajo costo y fabricar joyas sobre pedido, sin incurrir en costos de producción de piezas para exhibición en vitrinas. Un ejemplo de lo anterior es la compañía de anillos de compromiso TACORI que cuenta en su página con muestras digitales de sus anillos para ser producidos sobre pedido (Muñoz y Sánchez, 2016).

En el caso de Santander, implementar la impresión 3D va en aumento debido a que se empieza a conocer las bondades de esta tecnología, los primeros joyeros que tomaron el riesgo y aquellos inversores que vieron la oportunidad de negocio se han ido convirtiendo en proveedores de los talleres que no cuentan con la tecnología de modelado e impresión 3D.

5. Desarrollo del Proyecto

5.1 Cliente Objetivo

Mediante la aplicación de una encuesta a 39 personas del área metropolitana de Santander se definió que el cliente potencial son las mujeres profesionales entre 28 a 48 años, dispuestas a comprar piezas de joyería que les permitan lucir bien y sentirse cómodas en un ámbito profesional y personal. Tienen una preferencia hacia los accesorios únicos, diferentes o que se pueden personalizar, permitiendo mantener su estilo original, auténtico, dinámico y multicultural, este tipo de cliente se cataloga como contemporáneo. La encuesta y los resultados de la encuesta se encuentra en el Apéndice B.

5.2 Definición Requerimientos de las Colecciones

De la información obtenida anteriormente: el análisis del mercado, procesos de diseño, acabado de las piezas y el mercado objetivo al cual se quiere llegar, se define un listado de requerimientos a tener en cuenta para el diseño de las colecciones. Por lo cual se usa una tabla de requerimientos PRS (Product Requirements Specification).

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

41

Tabla 8 *Tabla de requerimientos*

COD.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
USO001	Antropometría	Las medidas de la joyería para el cuello, las orejas y la muñeca deben ser adecuadas según la ubicación.
USO002	Antropometría	El peso de la joyería para el cuello, las orejas y la muñeca deben ser adecuadas a cada una de estas partes.
FUN002	Acabado	Emplear técnicas de acabados artesanales que permitan que cada pieza sea única.
FUN003	Acabado	Emplear técnicas de acabados artesanales que reflejen o simulen el elemento seleccionado para cada colección. (Hormiga culona, páramo de Santurbán y el cañón del Chicamocha)
FOR001	Estilo	Las colecciones deben transmitir a los usuarios que sirven para diferentes ocasiones (informal y formal).
FOR002	Estilo	Las piezas deben ser cómodas.
FOR003	Unidad	Transmitir en cada colección los conceptos percibidos por los usuarios según el referente. (Hormiga culona, páramo de Santurbán y el cañón del Chicamocha)
FOR004	Formal	Parametrizar formas que reflejen los elementos seleccionados para cada colección. (Hormiga culona, páramo de Santurbán y el cañón del Chicamocha)

En la Tabla 8. se organiza y especifica detalles de lo que se va a evaluar, el cómo se va a realizar, la herramienta con la que se realizó, el grado de importancia de cada requerimiento, entre otros datos para tener en cuenta en el diseño y posteriores pruebas de verificación y validación. La tabla de requerimientos en su totalidad se encuentra en el Apéndice C.

5.3 Elaboración Formal de las Colecciones

5.3.1 Construcción Conceptual de las Colecciones

En esta parte se definen los elementos representativos de la región de Santander con los que se elaborarán las tres colecciones, una vez definidos, se construye el concepto en el que se identificará el estilo y las formas características de cada temática.

5.3.1.1 Elementos Representativos. Mediante una encuesta se consultó la opinión que tienen algunas personas acerca de aquellos elementos que son distintivos de la región de Santander, con el objetivo de crear las colecciones a partir de los elementos determinados por los encuestados.

La encuesta se realizó a 24 personas pertenecientes a la región y a otras partes del país donde se identificó que la hormiga culona, el páramo de Santurbán y el cañón del Chicamocha, son los elementos más representativos. La encuesta y tabulación de los resultados se encuentran en el Apéndice D.

5.3.1.2 Atributos de los Elementos Representativos. Para identificar qué atributos se perciben en los elementos Páramo de Santurbán, hormiga culona y Cañón del Chicamocha, se aplica una encuesta a 36 personas pertenecientes a la región de Santander en la que se define cuáles son los tres adjetivos que enmarcan a cada elemento. La encuesta y tabulación de los resultados se encuentran en el Apéndice E.

Figura 5 *Caracterización de los elementos representativos*



Páramo de Santurbán se describe como un lugar natural, ancestral y exótico, que ha sido protegido de la explotación minera y de otras actividades realizadas por las personas que puedan afectar al ecosistema; la hormiga se percibe como un insecto peculiar, único y llamativo, debido a su particular sabor y curioso aspecto; y el Cañón del Chicamocha se considera un lugar imponente, extenso y expresivo, característico del terreno con profundas hendiduras casi verticales.

5.3.1.3 Moodboard. Con los elementos seleccionados se elabora el moodboard, en el que se incluye paleta de color, texturas, imágenes del elemento representativo, un ejemplo paramétrico, un vestuario de pasarela que tenga elementos visuales similares a la temática e información en la cual se menciona características específicas que se van a tener en cuenta al diseñar las colecciones.

Figura 6 Moodboard Páramo de Santurbán



Figura 7 Moodboard Hormiga Culona



Figura 8 *Moodboard Cañón del Chicamocha*

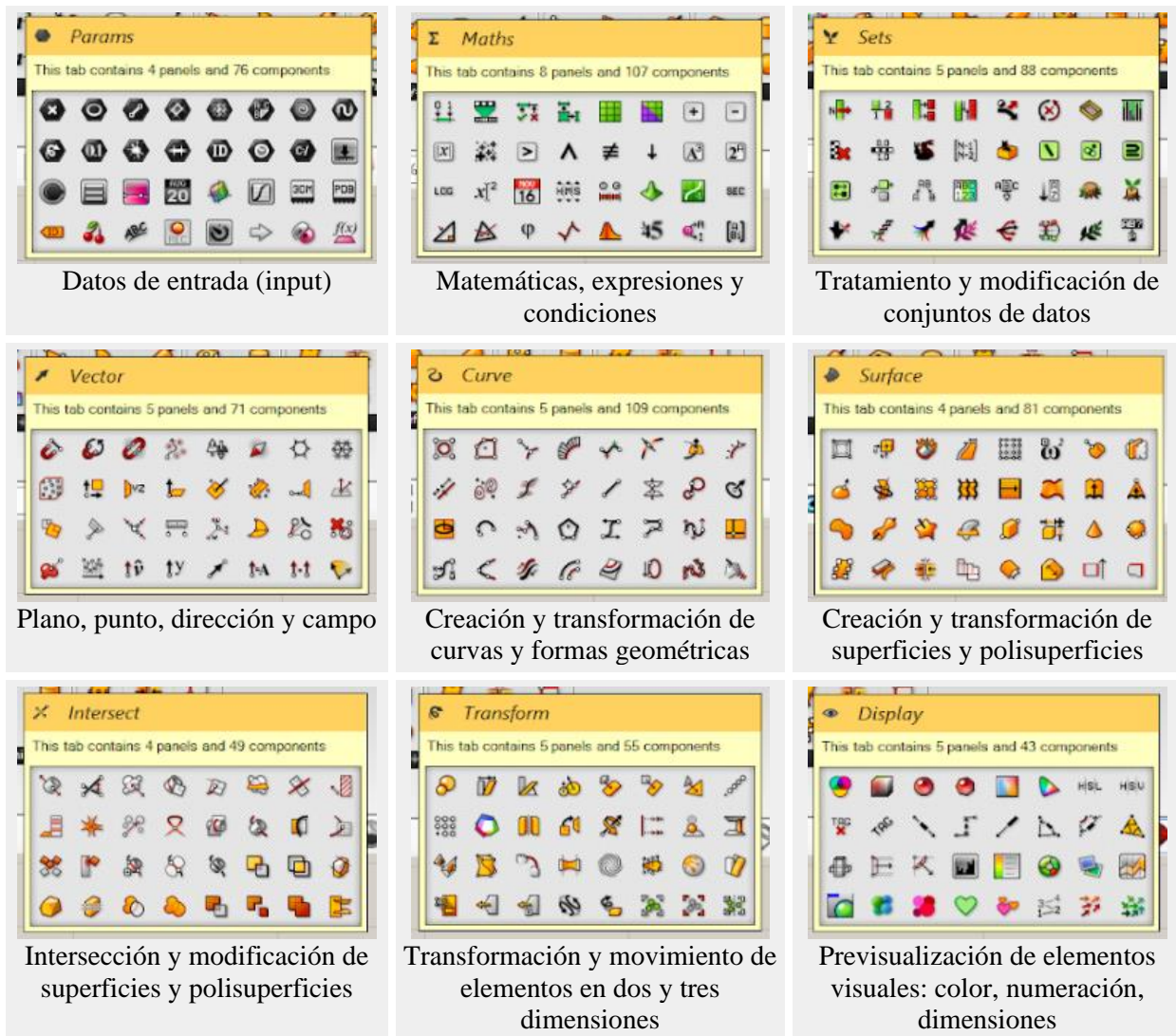


COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

5.3.2 Modelado Digital en Rhinoceros y Grasshopper

El modelado digital de las colecciones de joyería se lleva a cabo a través del programa Rhinoceros 6 usando en su mayoría las herramientas y funciones que dispone el plugin Grasshopper. GH cuenta con paneles de componentes, desde datos de entrada (input) hasta de visualización.

Figura 9 Paneles de componentes básicos de Grasshopper



Para la creación de un modelo, ya sea un cubo o una polisuperficie orgánica, se parte de la forma base del objeto. Con esto en mente se piensa que componentes se van a necesitar, que datos se debe conectar a estos componentes iniciales y con que otros componentes se van a conectar, de esta manera se forma la secuencia de algoritmos, que pudo iniciar con coordenadas conectadas a un punto en el espacio y terminar con el modelo de una argolla tradicional. En el caso de querer modificar el tamaño, la forma, el color u otro aspecto físico de la argolla, basta con solo cambiar la valoración numérica o cualquier dato conectado a un componente en específico, ampliando así las posibilidades para variar el modelo original de la argolla clásica.

5.3.2.1 Páramo de Santurbán. Para las primeras ideas del páramo se utilizaron: formas voronoi, haciendo alusión a la formación de las fuentes hídricas; elementos radiales, representando las hojas agrupadas en forma de roseta característico del frailejón; y/o formas curvas simulando la fluidez del agua y el aspecto rocoso del suelo.

Figura 10 Bocetos iniciales del Páramo de Santurbán

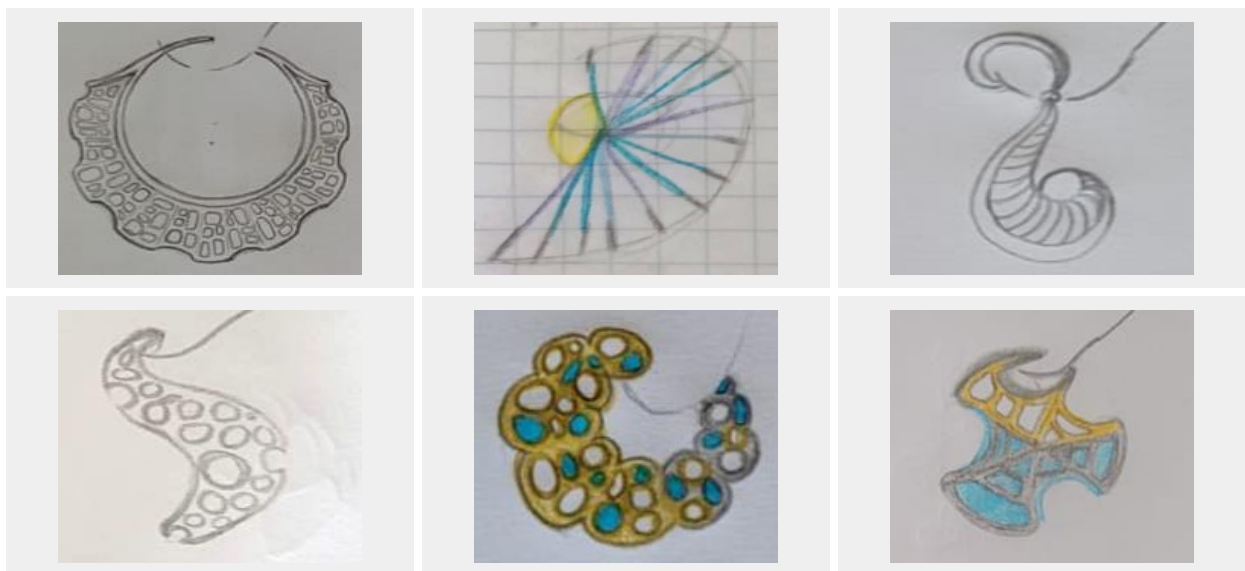
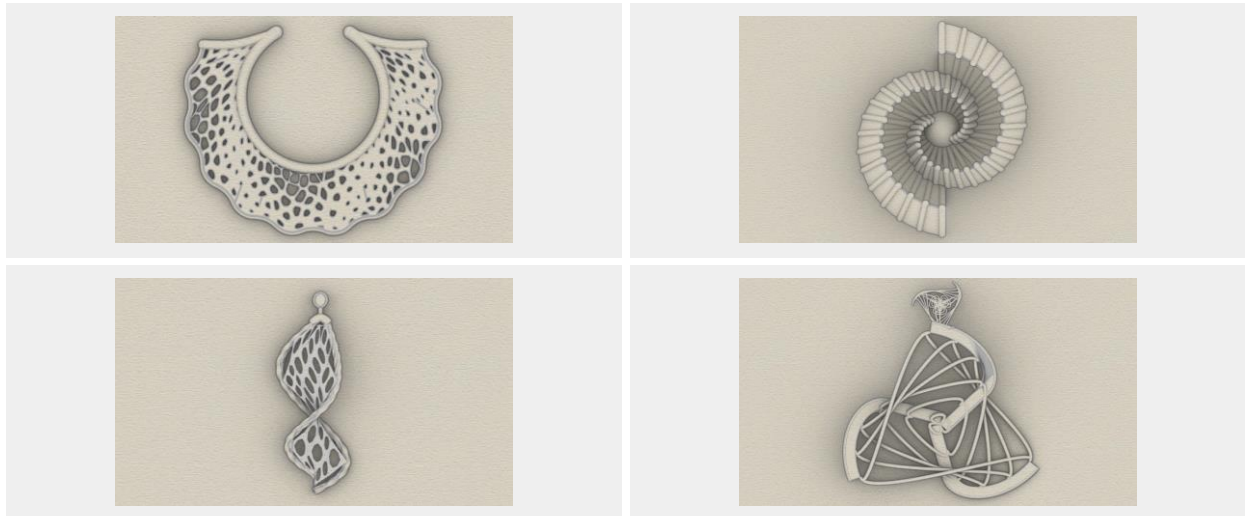


Figura 11 Modelos iniciales del Páramo de Santurbán



5.3.2.2 Hormiga Culona. Para la hormiga se aplican superficies lisas y redondeadas similares al aspecto acorazado de las hormigas; puntos o esferas que simulan la forma de la hormiga y su característico “camino de hormigas”; tuberías o división de superficies representando las alas.

Figura 12 Bocetos iniciales de la Hormiga Culona

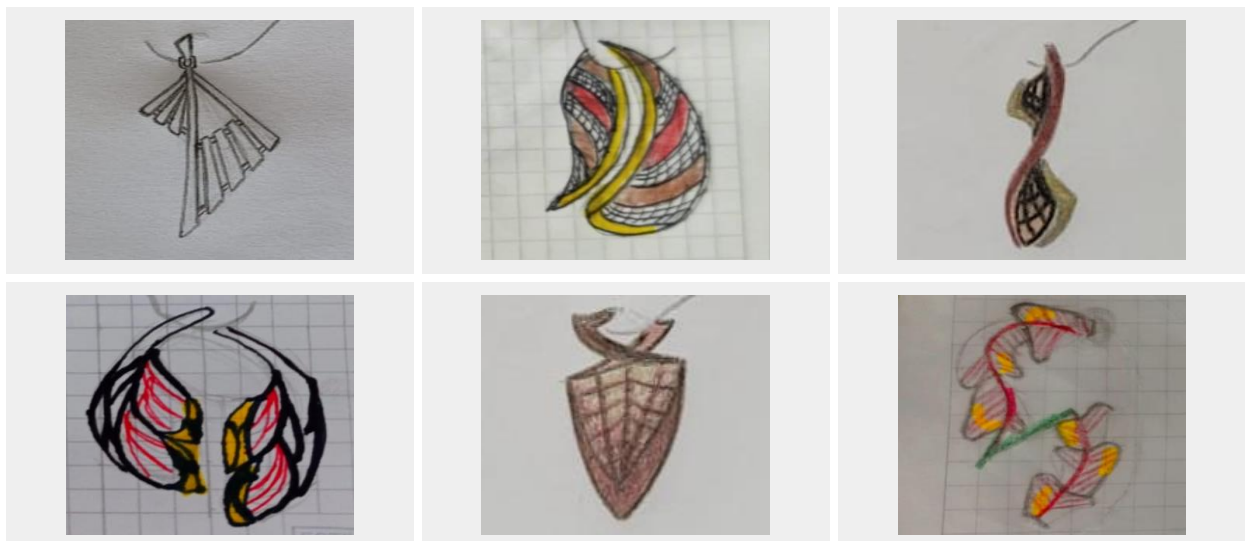


Figura 13 Modelos iniciales de la hormiga culona



5.3.2.3 Cañón del Chicamocha. En la colección del Cañón del Chicamocha se usa curvas muy pronunciadas y extensas que se asemejan a la vía del cañón, texturas craqueladas o sobresalientes en la superficie y con diseños inspirados en culturas precolombinas, teniendo en cuenta que había asentamientos indígenas por la zona.

Figura 14 Bocetos iniciales del Cañón del Chicamocha

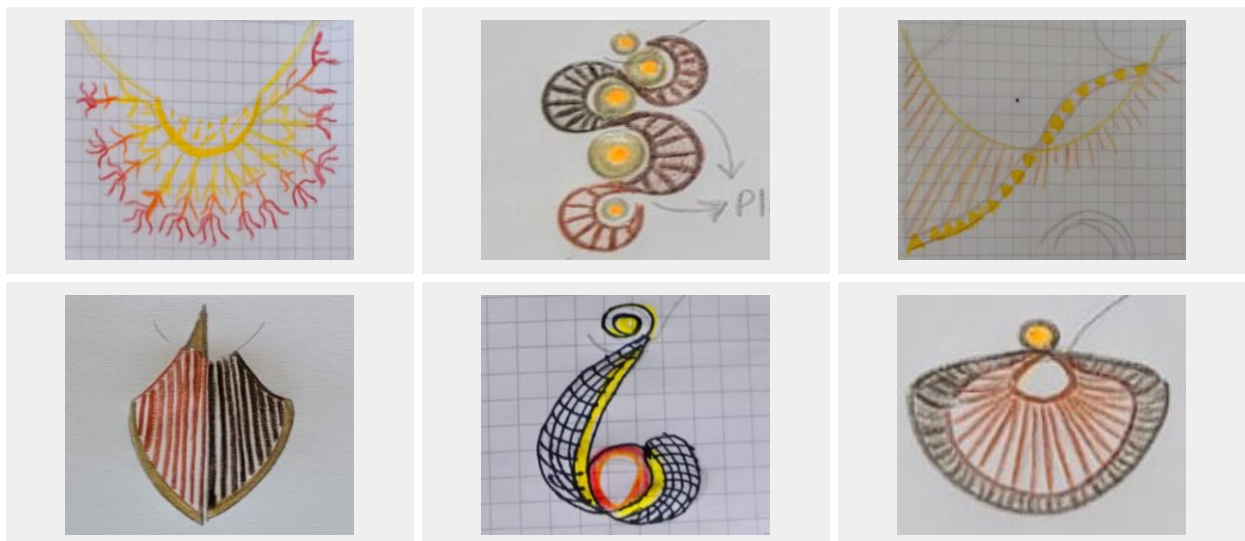


Figura 15 Modelos iniciales del Cañón del Chicamocha



5.3.3 Diseño Paramétrico de Alternativas Finales

Tomando las ideas preliminares se corrige el tamaño y se evoluciona la forma del diseño, para generar piezas de joyería más cómodas, con mayor movimiento y detalle que las haga lucir como aretes, collar o brazalete.

A continuación, se describe de manera general la secuencia de algoritmos usada para la construcción de las tres alternativas de aretes de cada colección y se ejemplifican con tres variaciones paramétricas, se explicará únicamente la pieza de los aretes debido a que la secuencia es la misma para las piezas faltantes, collar y brazalete, con la única diferencia que se cambia la forma base y las dimensiones. Las especificaciones de cada alternativa se encuentran en el Apéndice F al H.

5.3.3.1 Alternativas Páramo de Santurbán

5.3.3.1.1 Alternativa 1. Desde grasshopper se crea una superficie entre dos arcos, estos componentes suministrarán los datos de entrada para la elaboración de las tuberías y la

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

polisuperficie solida con troquelado de voronoi. El patrón voronoi parte del mapeo del área de la superficie, dentro del área se ejecuta el patrón en curvas, con el patrón se divide el área y se selecciona el espacio fuera de las formas voronoi, esta superficie se extruye y el sólido obtenido se acopla a la superficie principal.

Figura 16 Construcción de la Alternativa 1 Páramo de Santurbán

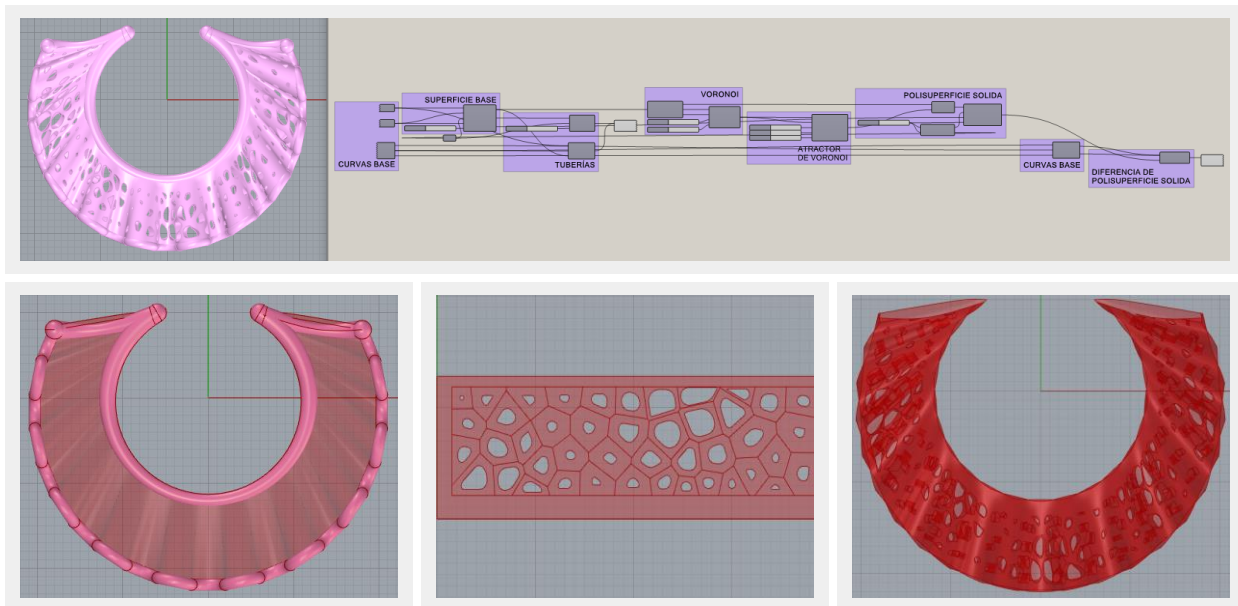
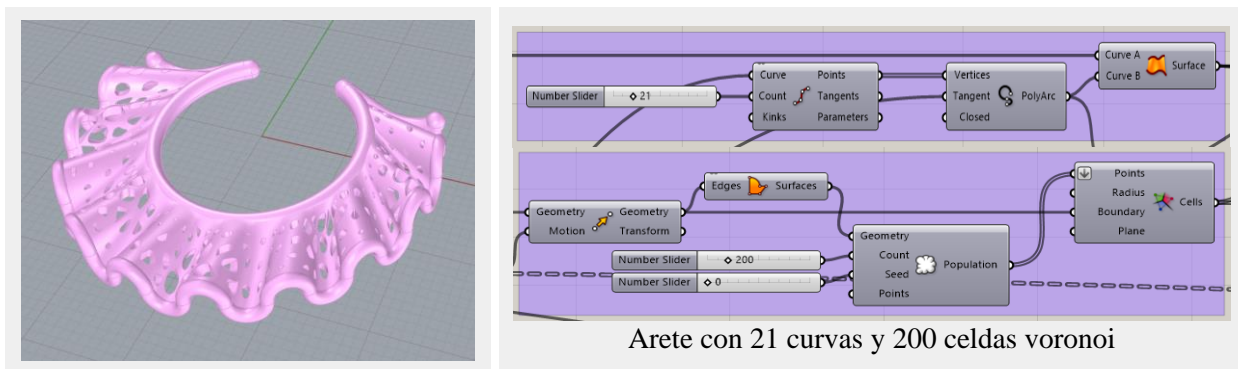
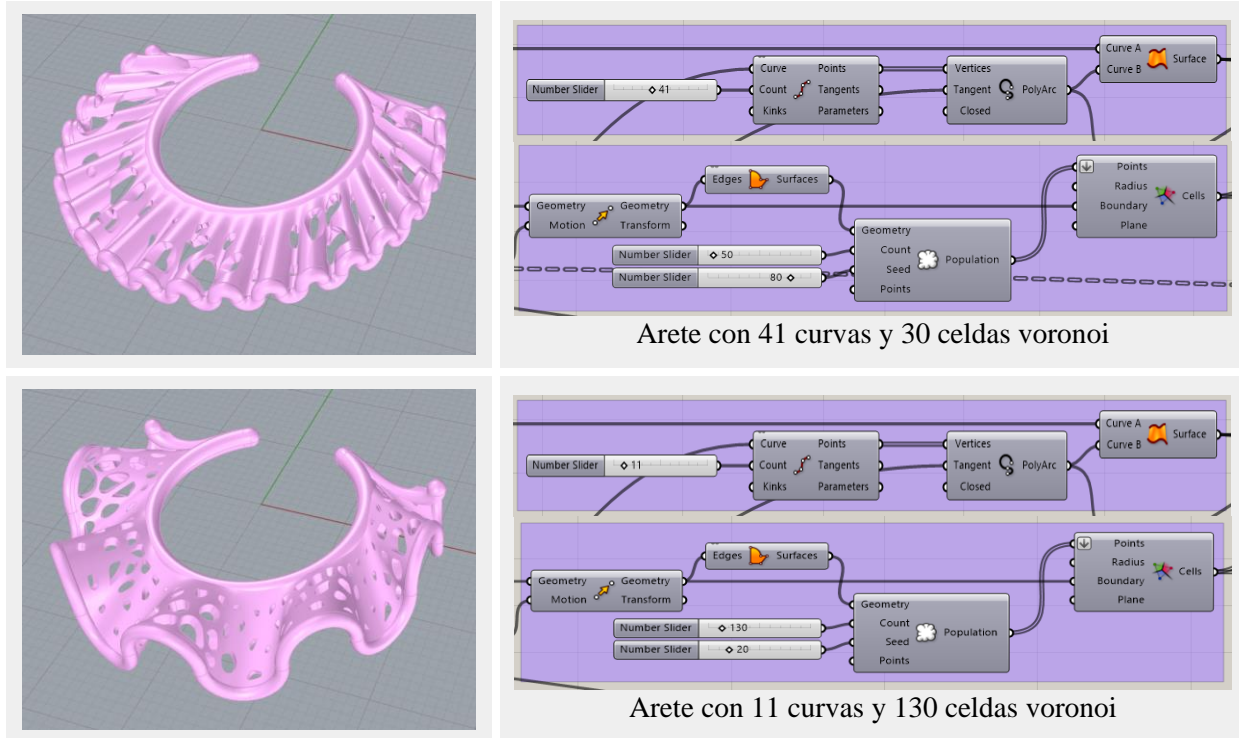


Figura 17 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Páramo de Santurbán





5.3.3.1.2 Alternativa 2. A una serie de elipses se añade una entrada de dominio numérico y se rotan para obtener una superficie en forma de caracol, la cual se divide en paneles y se escalan, estos elementos se vuelven a escalar y se mueven en el eje Z para las piezas más pequeñas. Con los paneles se elaboran las polisuperficies sólidas y las tuberías que dan una terminación más suave. La unión de los módulos se realiza por medio de tuberías hechas a partir de curvas en espiral.

Figura 18 Construcción de la Alternativa 2 Páramo de Santurbán

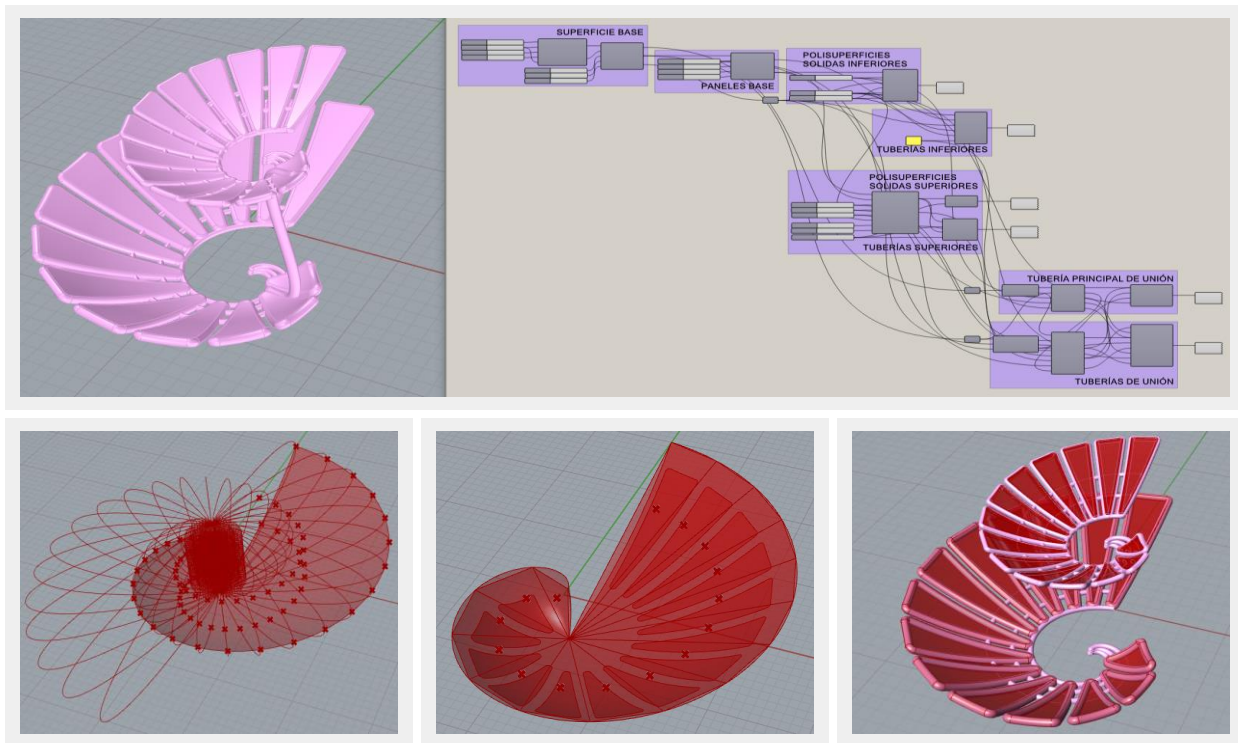
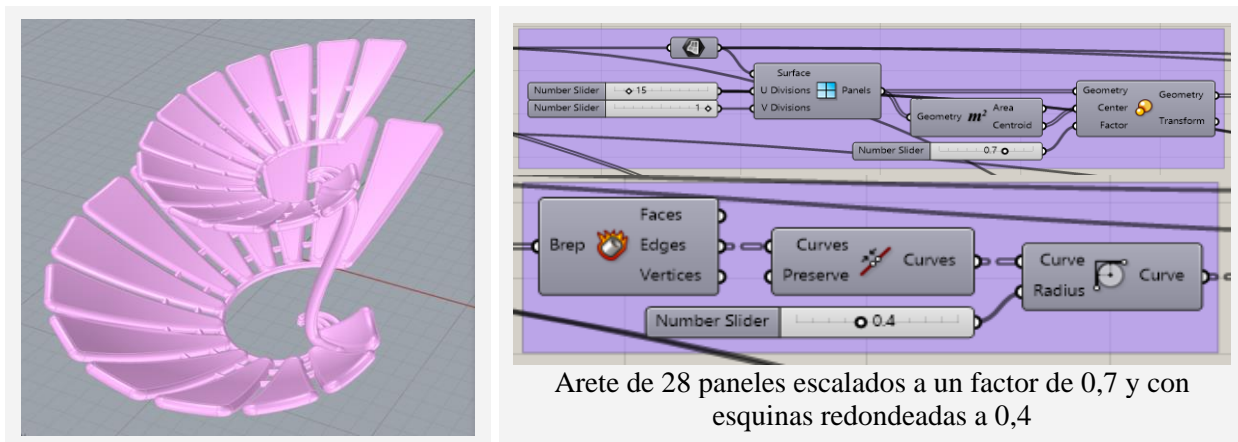
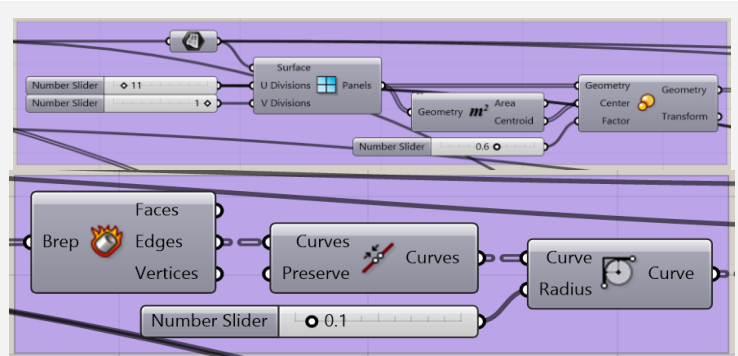
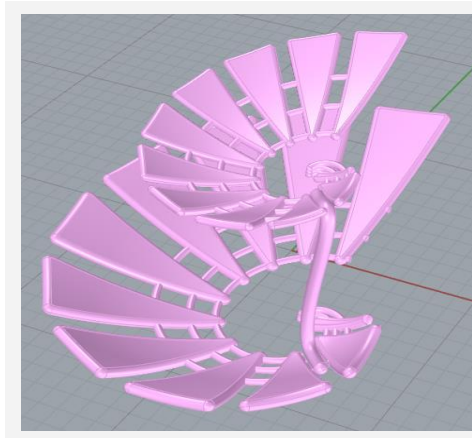
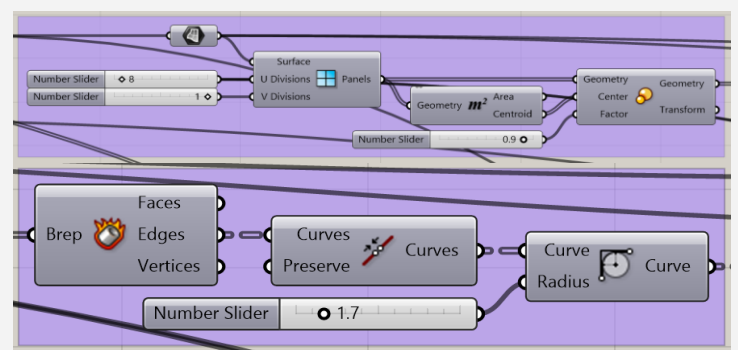
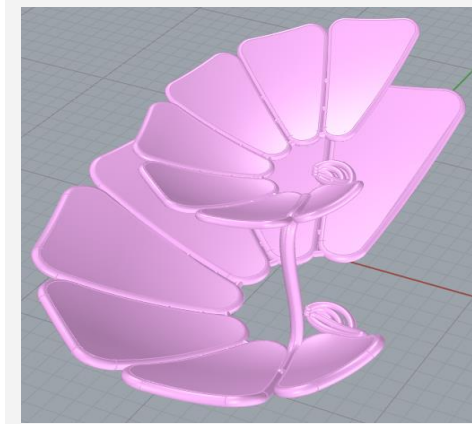


Figura 19 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Páramo de Santurbán





Arete de 20 paneles escalados a un factor de 0,6 y con esquinas redondeadas a 0,1



Arete de 14 paneles escalados a un factor de 0,9 y con esquinas redondeadas a 1,7

5.3.3.1.3 Alternativa 3. La pieza superior se hace con dos círculos, uno dentro del otro, el interno se desplaza en el eje Z hacia abajo dando la forma cónica a la superficie, y se segmenta en 10 partes. Para la pieza inferior se hace el mismo proceso, a diferencia que parte de cuatro círculos base a los que se les varía la altura y uno se gira en el eje Z. Con las curvas de la segmentación se elaboran las tuberías y con la superficie superior e inferior se obtienen las polisuperficies sólidas.

Figura 20 Construcción de la Alternativa 3 Páramo de Santurbán

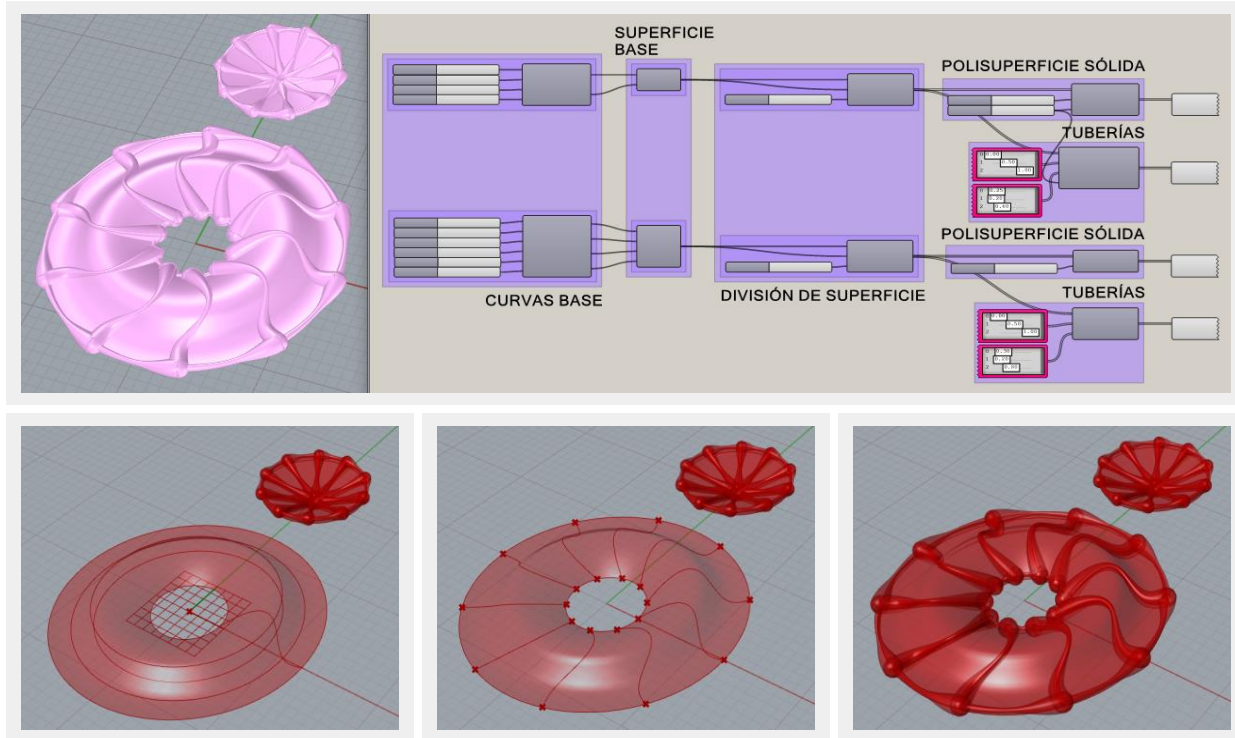
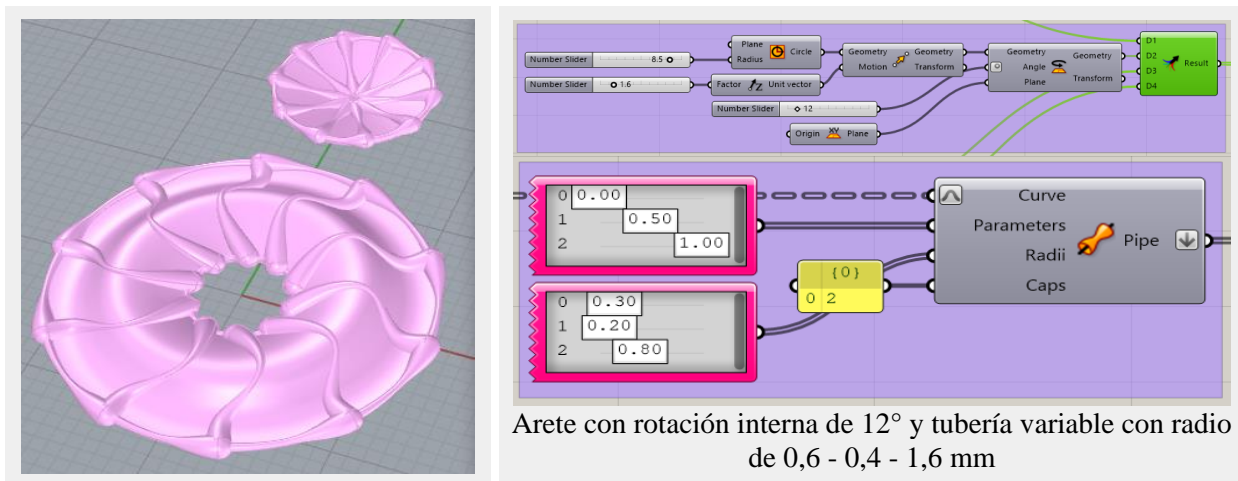
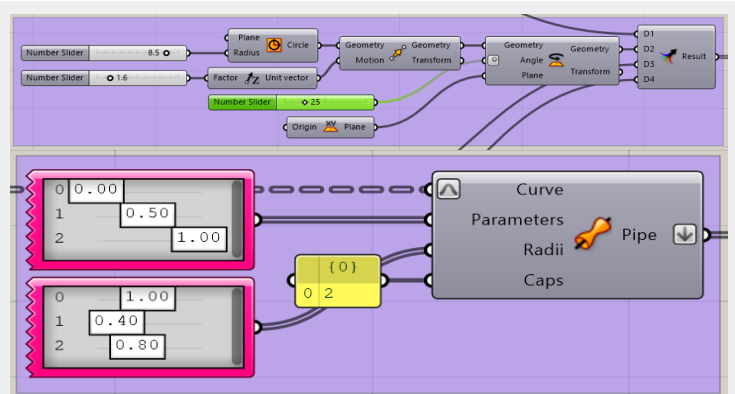
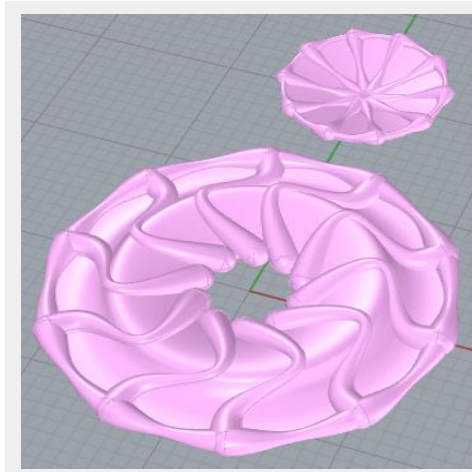
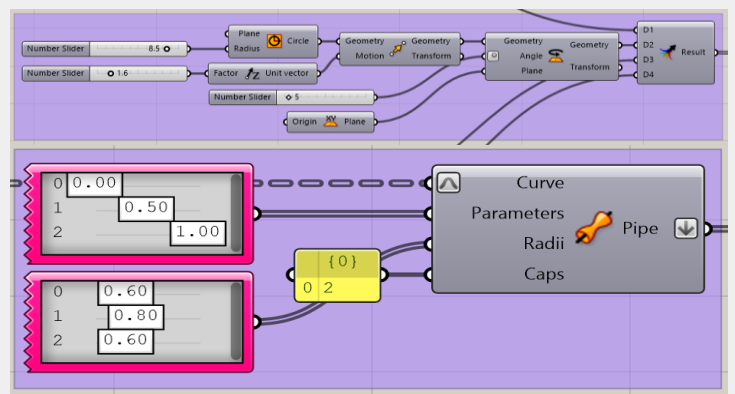
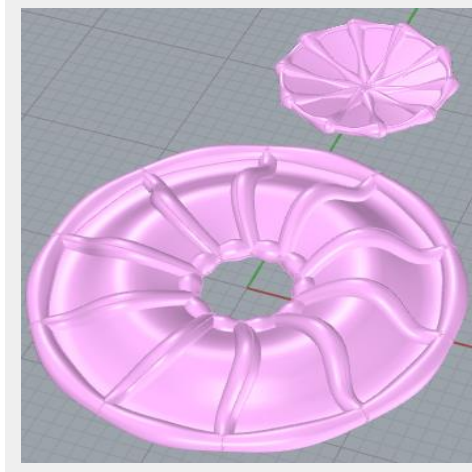


Figura 21 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Páramo de Santurbán





Arete con rotación interna de 25° y tubería variable con radio de 2 - 0,8 - 1,6 mm



Arete con rotación interna de 5° y tubería variable con radio de 1,2 - 1,6 - 1,2 mm

5.3.3.2 Alternativas Hormiga Culona

5.3.3.2.1 Alternativa 1. Se construye una tubería con tres elipses y se divide en 4 partes para obtener la mitad de una superficie media caña, con los extremos de la superficie se obtienen los datos que se necesitan para la sección superior de la pieza. Con las superficies se hacen tuberías que dan una terminación redonda al sólido y las polisuperficies sólidas. El patrón que sobresale se elabora en 2D iniciando con una cuadrícula que se une por secciones y se redondea, con el patrón plano se construyen las tuberías y se envuelven en la superficie principal.

Figura 22 Construcción de la Alternativa 1 Hormiga Culona

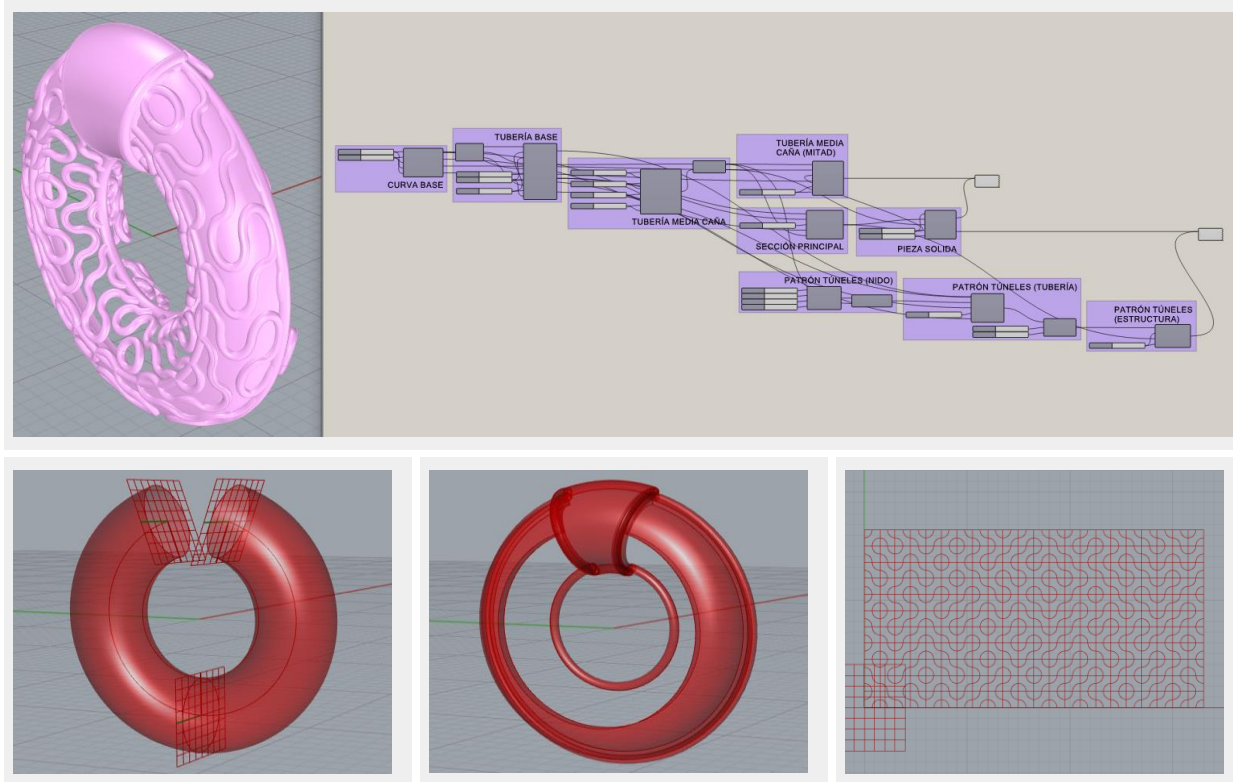
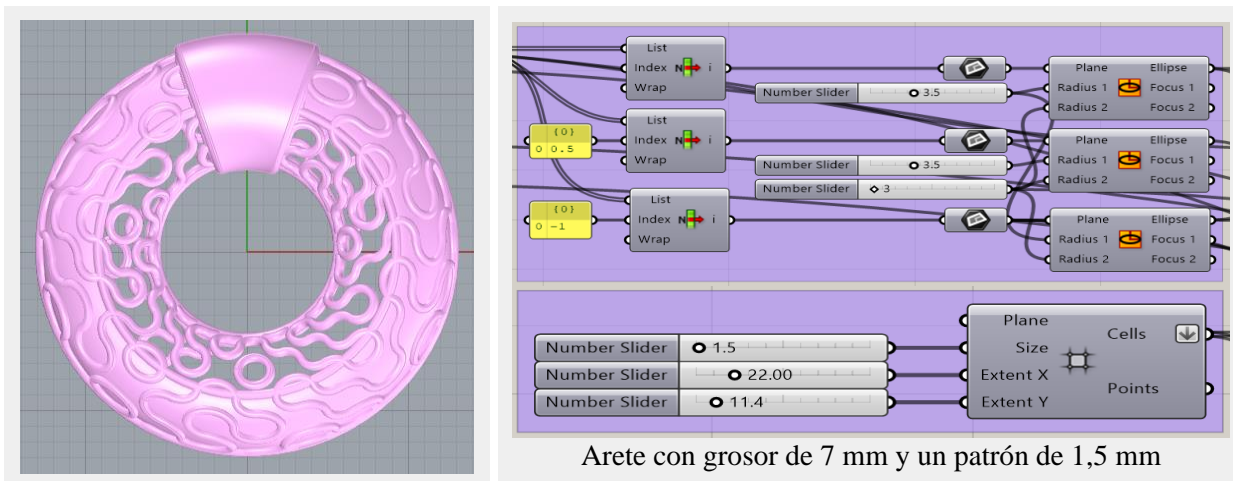
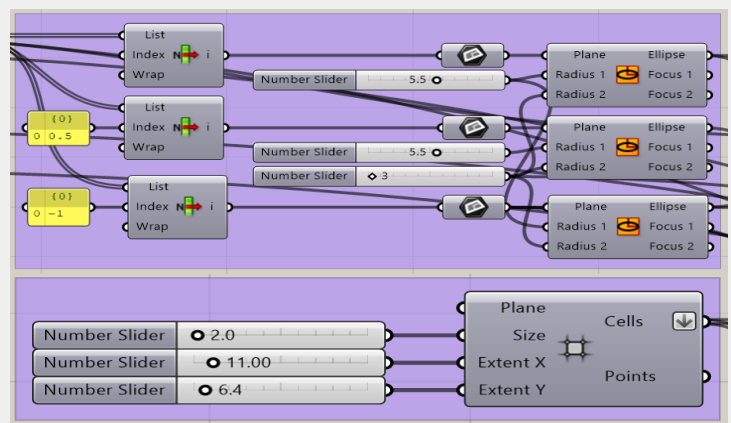
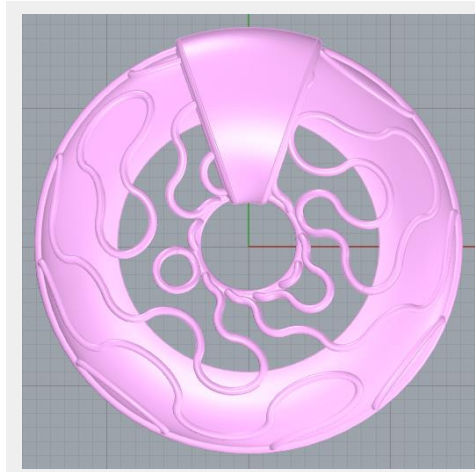
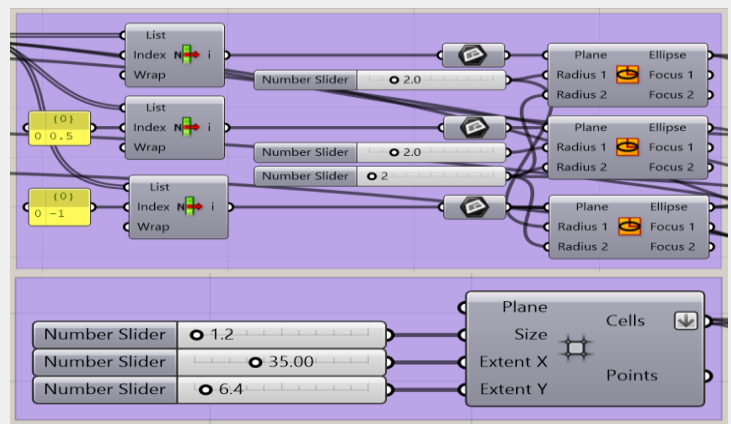
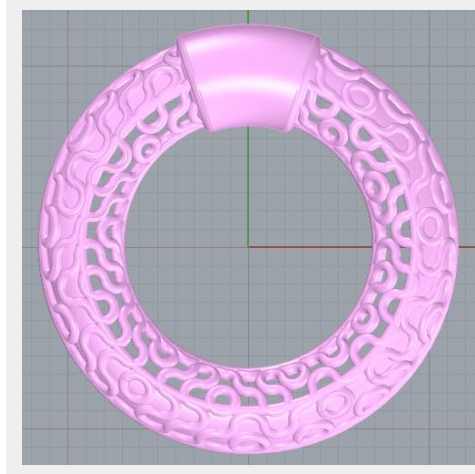


Figura 23 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Hormiga Culona





Arete con grosor de 11 mm y un patrón de 2 mm



Arete con grosor de 4 mm y un patrón de 1,2 mm

5.3.3.2 Alternativa 2. Una serie de puntos en fila se rotan en espiral y se conectan por líneas hacia un punto en el eje Z, las líneas describen una forma ascendente con la que se crea la superficie. En sentido perpendicular a las líneas y añadiendo un dominio, se divide la superficie en cinco paneles con longitudes variadas. Con los paneles se elabora la polisuperficie sólida y las tuberías que dan estructura a la pieza.

Figura 24 Construcción de la Alternativa 2 Hormiga Culona

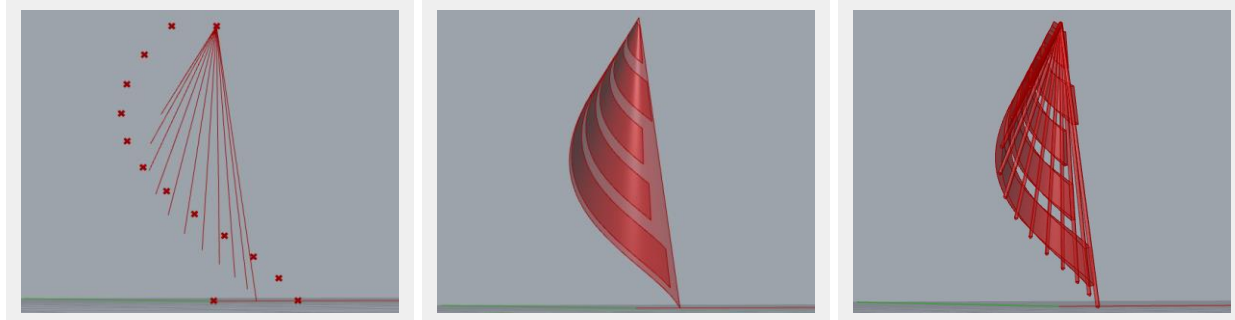
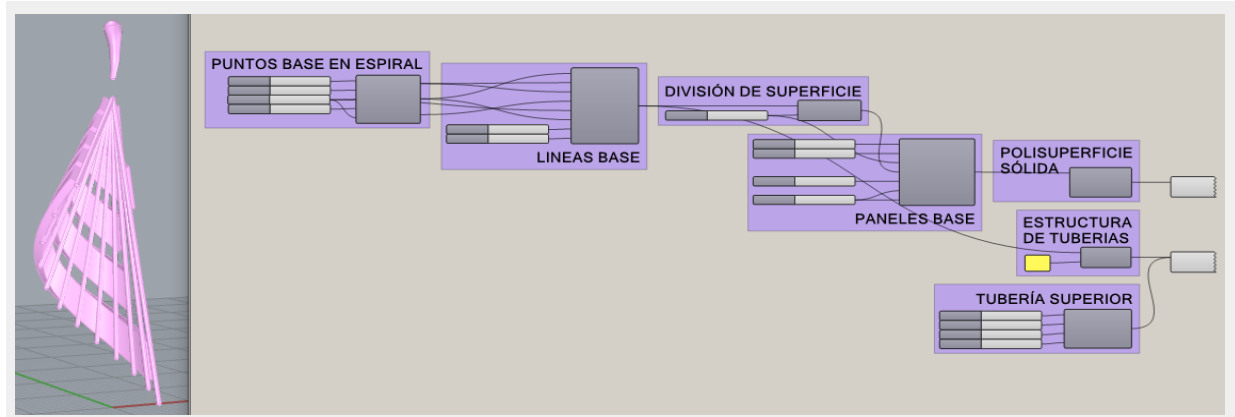
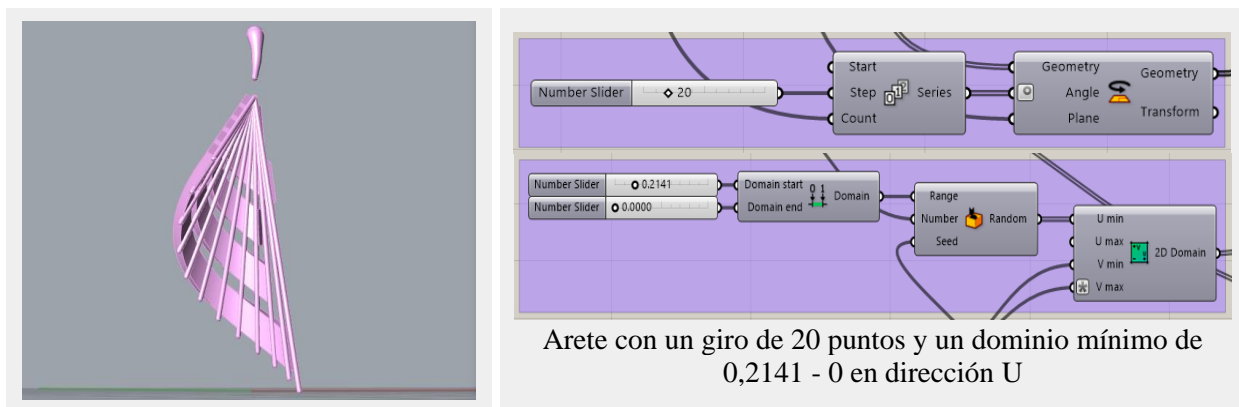
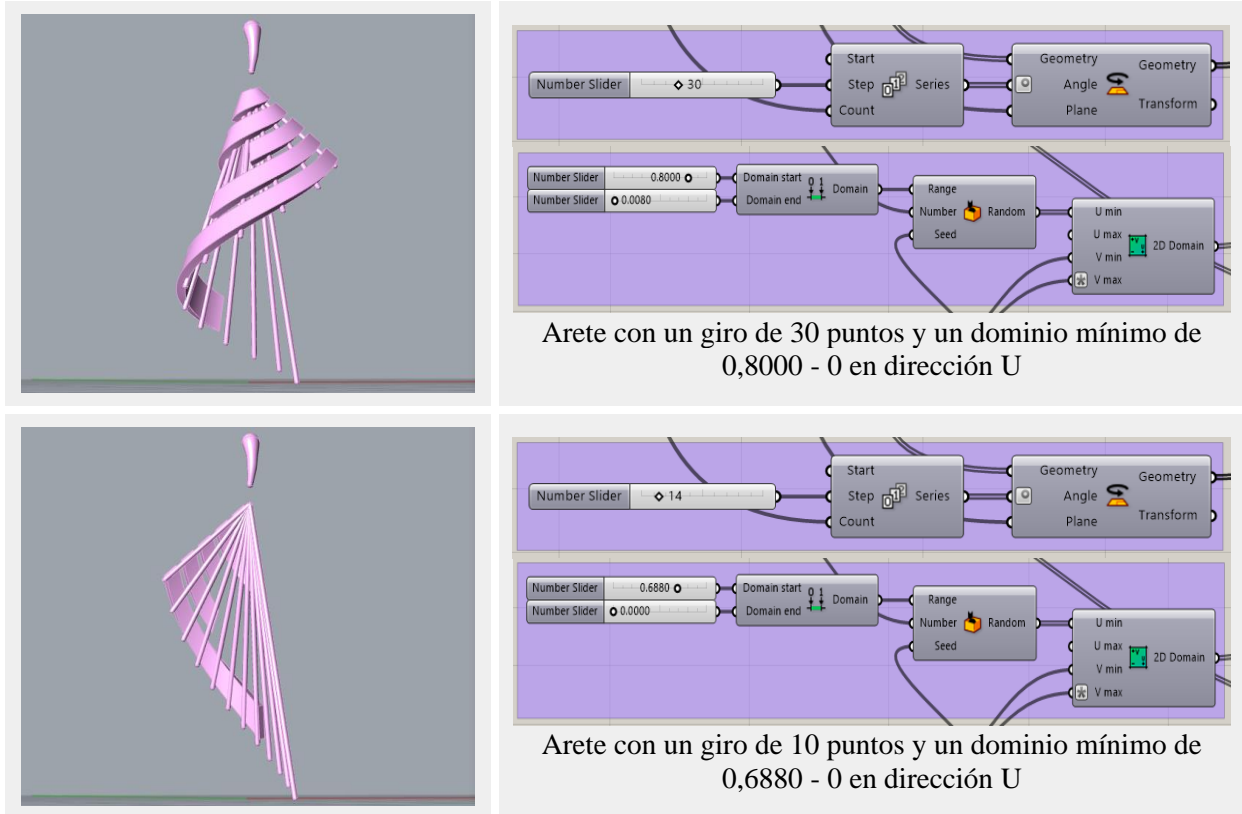


Figura 25 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Hormiga Culona





5.3.3.2.3 Alternativa 3. Se interpola dos curvas base para obtener una tercera y se rotan con respecto al plano XY, con los seis elementos se hacen las tuberías. El proceso anterior se repite con las superficies inferiores y las laterales, con estos elementos se obtiene la polisuperficie sólida inferior y las laterales. Para las hormigas, se divide en puntos una curva y se crean dos esferas por cada uno.

Figura 26 Construcción de la Alternativa 3 Hormiga Culona

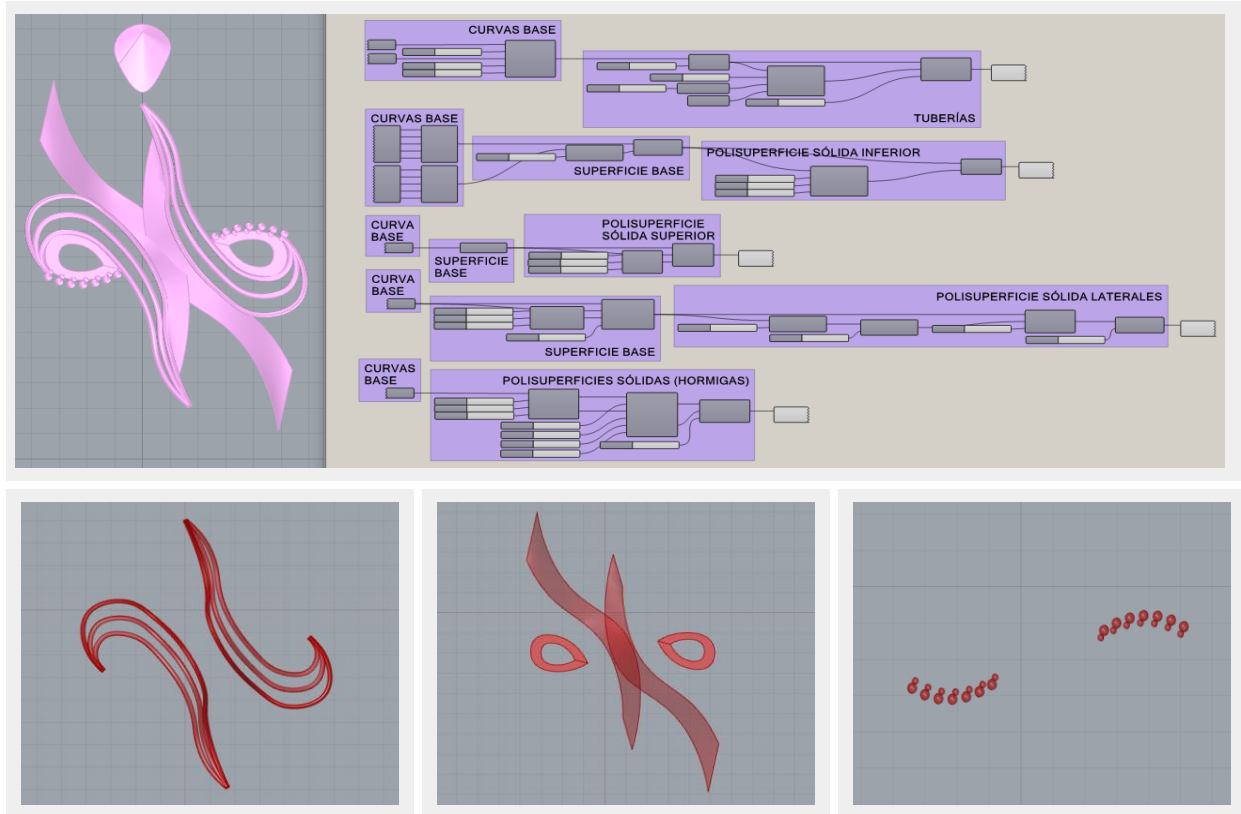
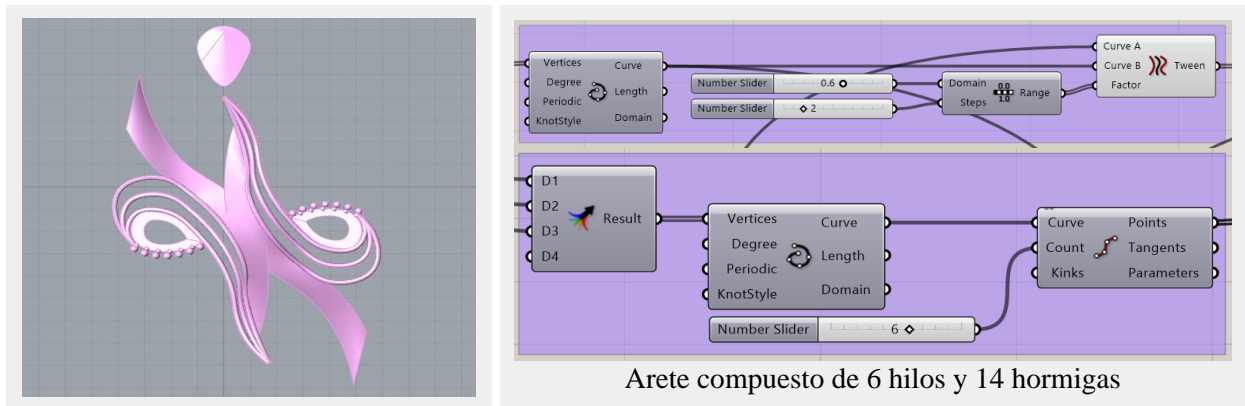
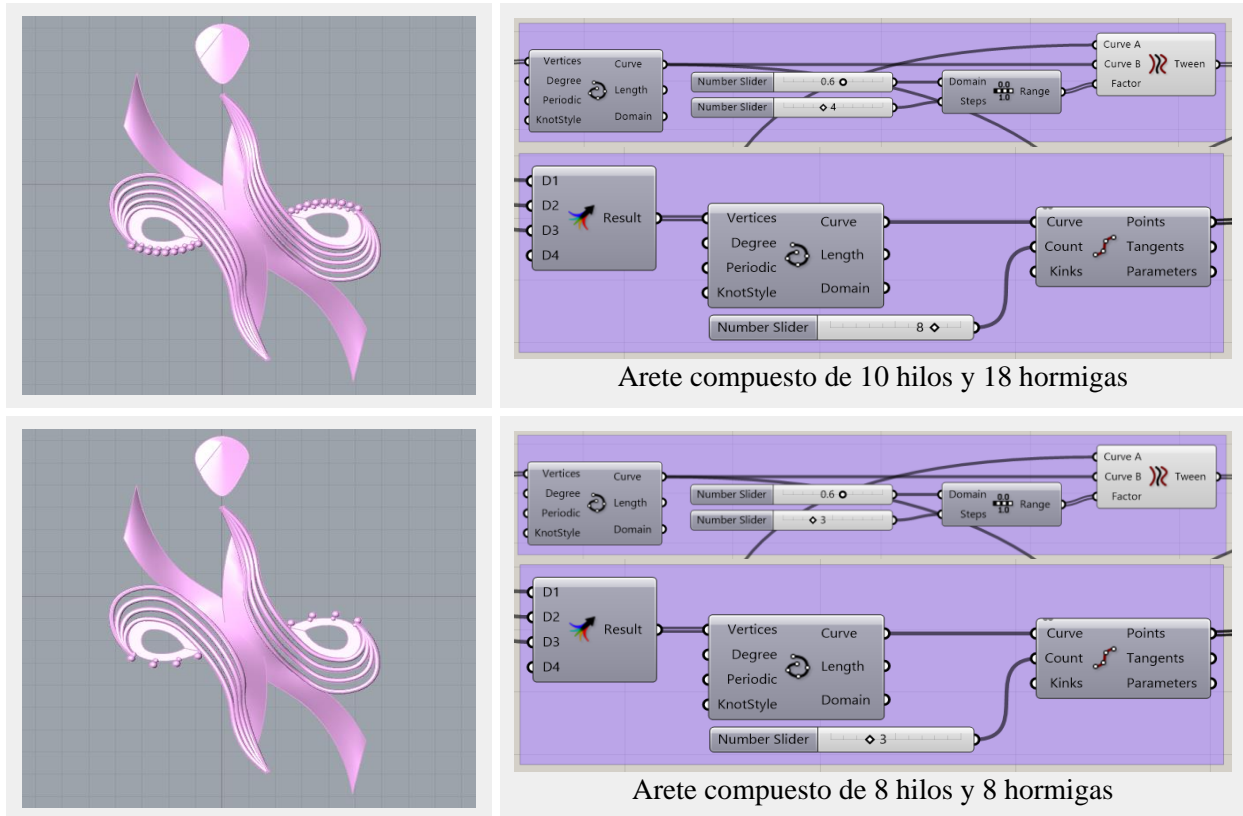


Figura 27 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Hormiga Culona





5.3.3.3 Alternativas Cañón del Chicamocha

5.3.3.3.1 Alternativa 1. Con tres arcos superior, inferior e intermedio se crean las superficies base. Las superficies se dividen en dos módulos, en el superior se conserva los módulos unidos y en la inferior se separan, se extruye los paneles y con el perfil se elaboran las tuberías. En los paneles inferiores se generan puntos, se especifica la cantidad de ramificaciones y distancia para el patrón de las raíces, con este patrón se crea el cuerpo ramificado.

Figura 28 Construcción de la Alternativa 1 Cañón del Chicamocha

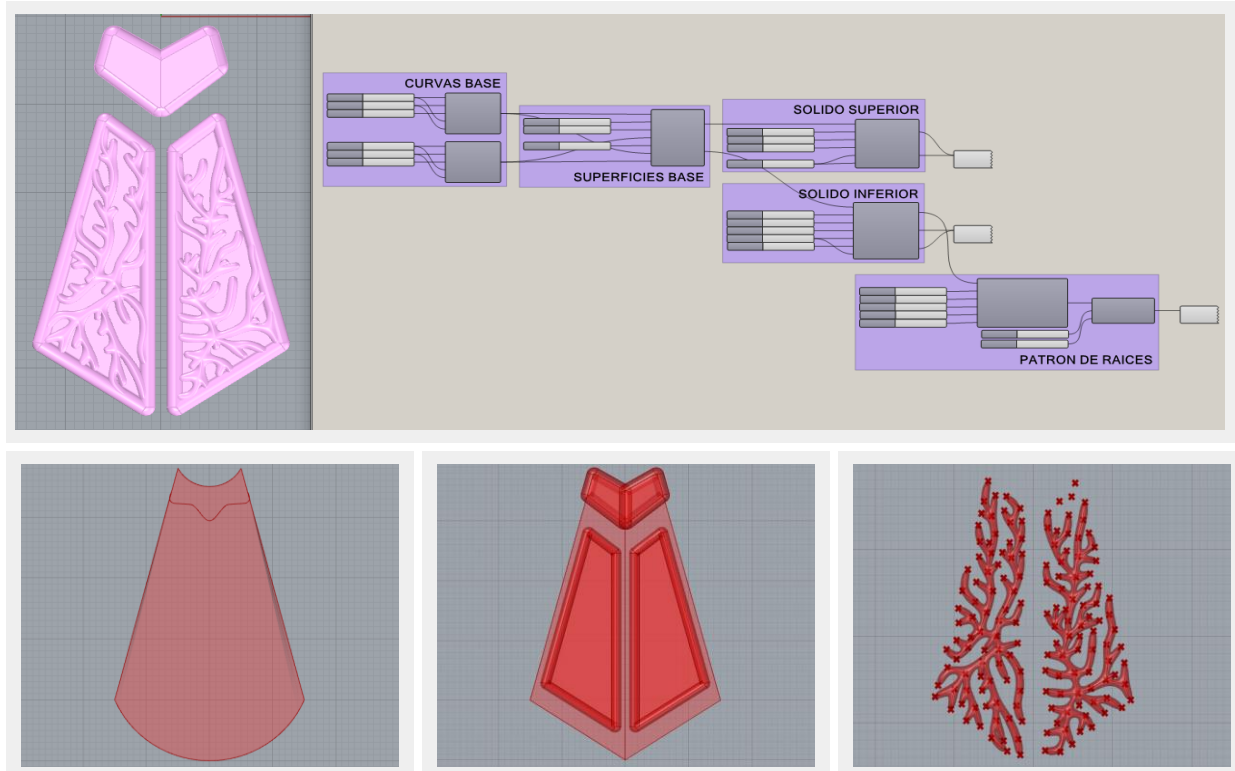
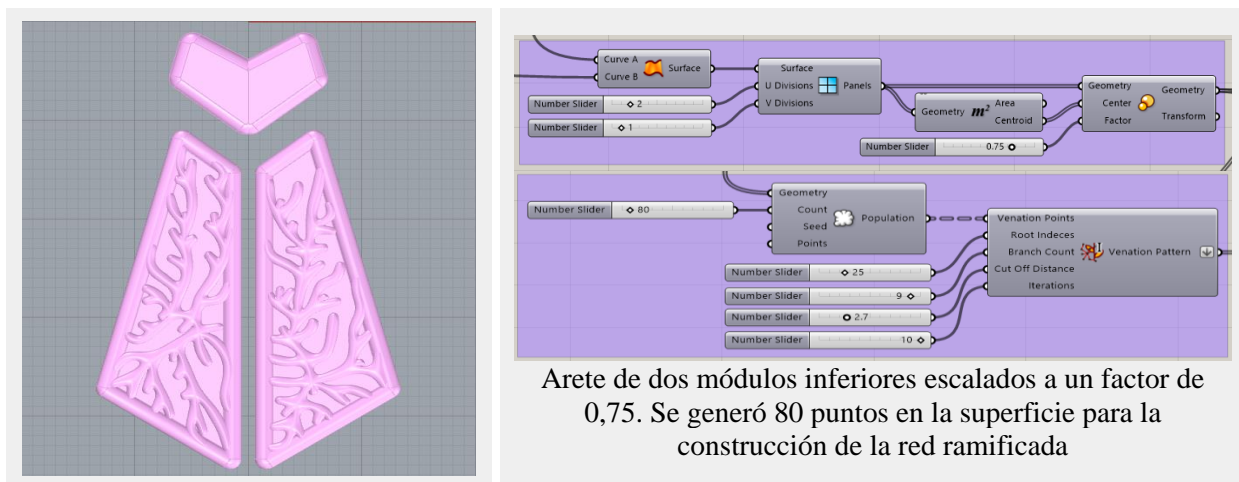
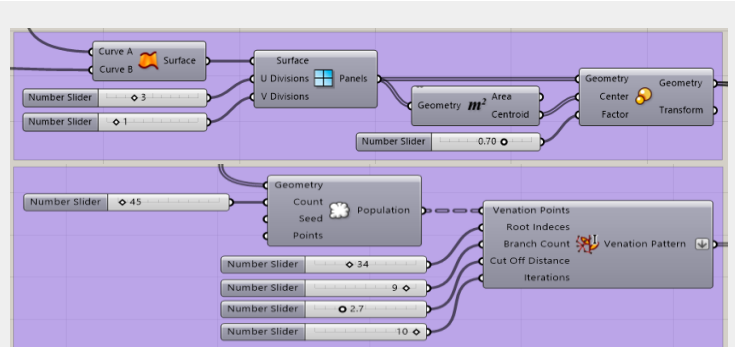
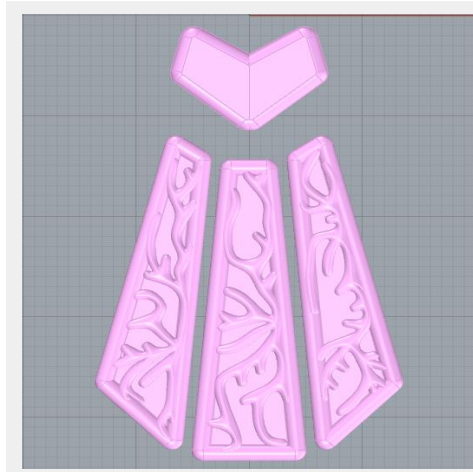
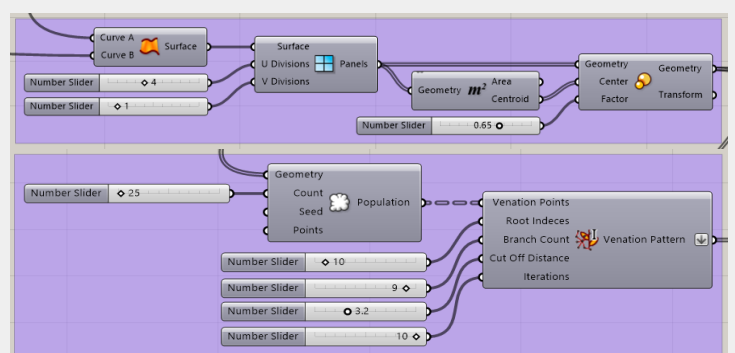
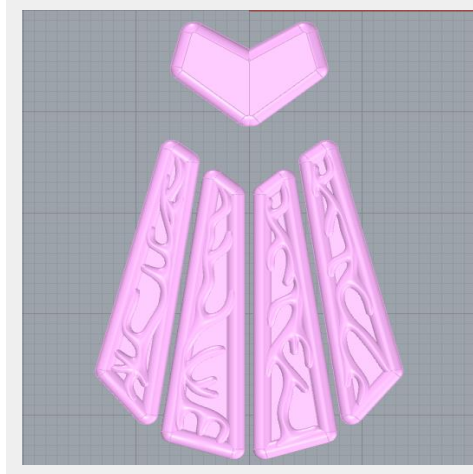


Figura 29 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 1 Cañón del Chicamocha





Arete de tres módulos inferiores escalados a un factor de 0,7. Se generó 45 puntos en la superficie para la construcción de la red ramificada



Arete de cuatro módulos inferiores escalados a un factor de 0,65. Se generó 25 puntos en la superficie para la construcción de la red ramificada

5.3.3.3.2 Alternativa 2. Para la elaboración de la parte principal se usan tres curvas: un arco pequeño, uno grande y uno intermedio el cual se curva en pequeñas ondas. Con los arcos se construye una superficie y se genera una polisuperficie, la cual se interseca con un grupo de figuras sólidas obteniendo una forma troquelada.

La pieza superior del arete parte de tres curvas: una línea recta, un arco hacia abajo y un arco con curvas. Con la línea recta y el arco hacia abajo se crea una semicircunferencia sólida, con el arco hacia abajo y el arco con curvas se hace el sólido más grande, como se observa en la imagen.

Figura 30 Construcción de la Alternativa 2 Cañón del Chicamocha

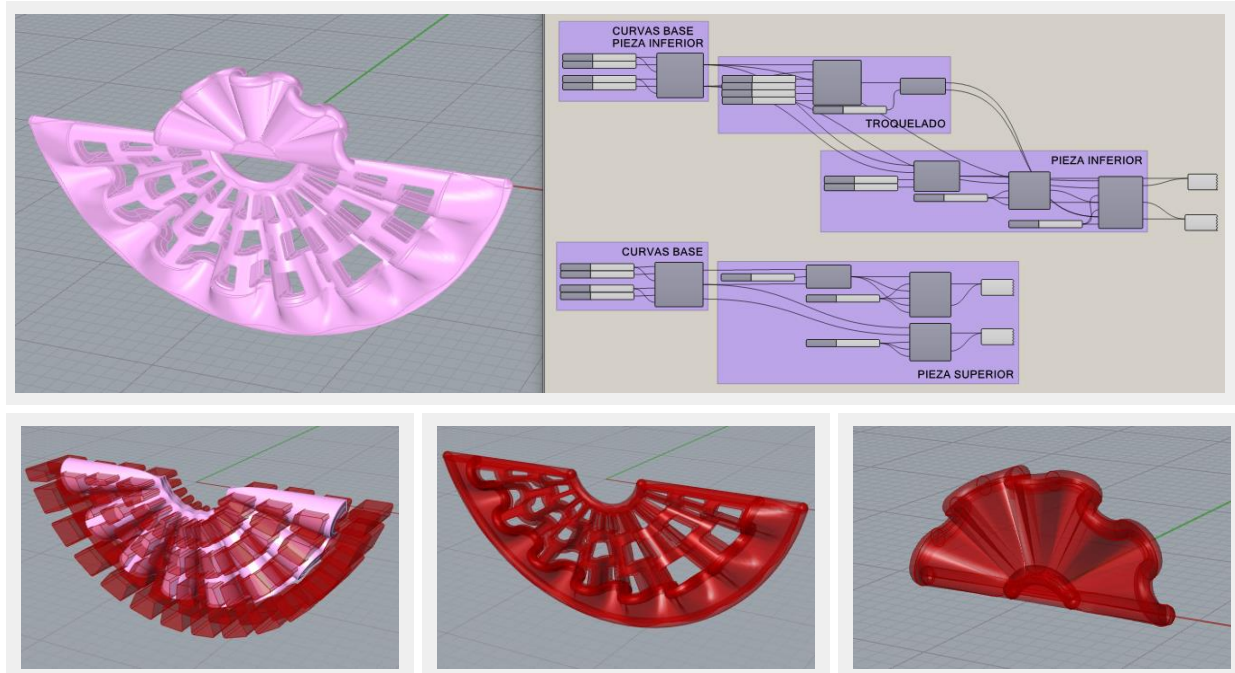
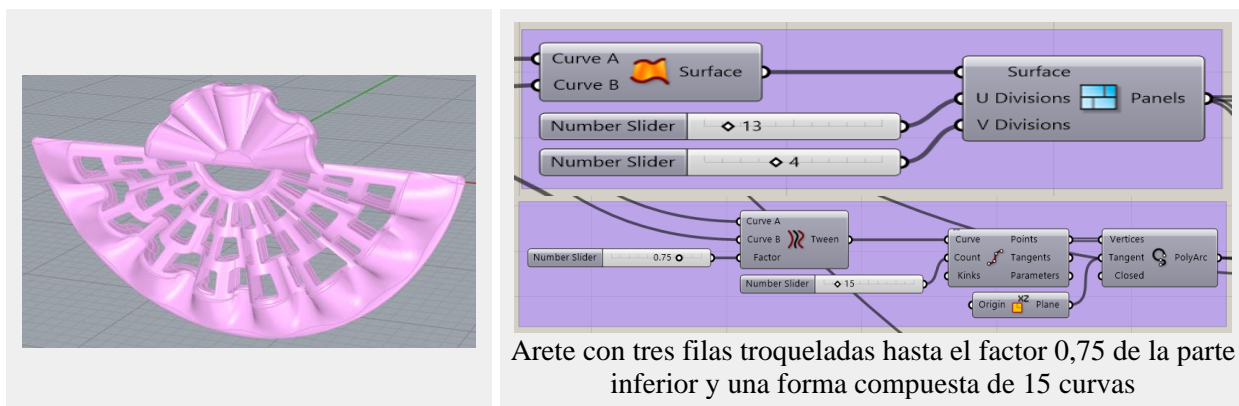
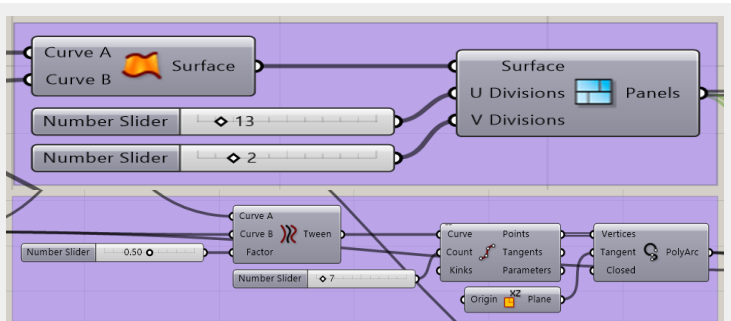
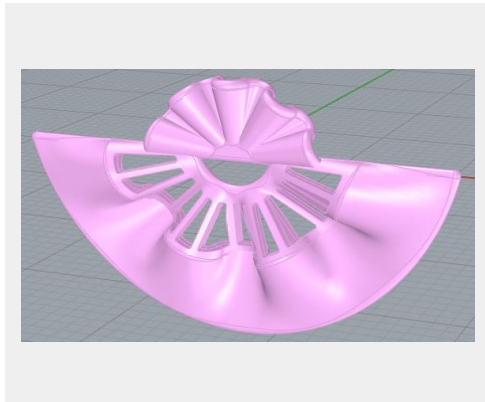


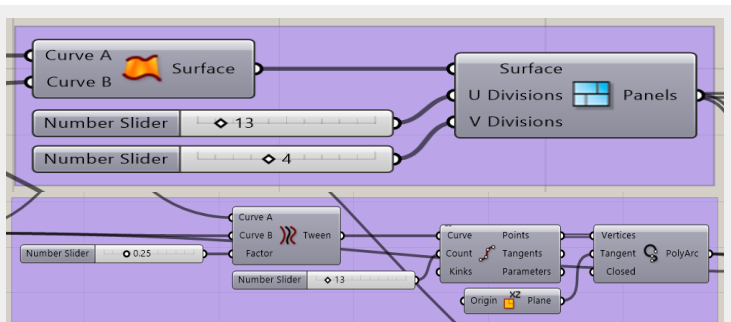
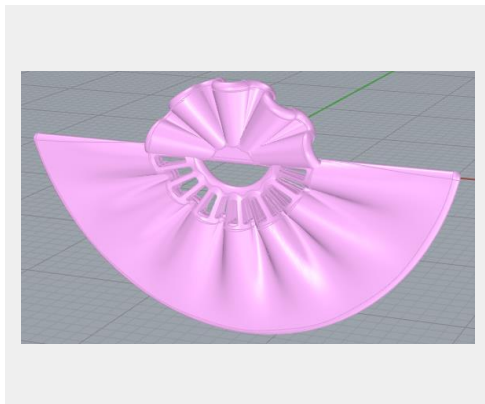
Figura 31 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 2 Cañón del Chicamocha



Arete con tres filas troqueladas hasta el factor 0,75 de la parte inferior y una forma compuesta de 15 curvas



Arete con una fila troquelada hasta el factor 0,5 de la parte inferior y una forma compuesta de 7 curvas



Arete con una fila troquelada hasta el factor 0,25 de la parte inferior y una forma compuesta de 13 curvas

5.3.3.3 Alternativa 3. Se curvan dos arcos ubicados uno dentro del otro y a un extremo de estos se posiciona una elipse, con estos elementos se hace un barrido de la elipse obteniendo la superficie principal. Para dividir en dos la superficie se extruye un cuadrado que interseca la mitad del sólido, de esta manera se hace la diferencia de sólidos entre la superficie y el cubo. Con las curvas de la media superficie se construyen las tuberías del sólido final y la tubería central se hace con una curva desde Rhino mediante puntos de control.

Figura 32 Construcción de la Alternativa 3 Cañón del Chicamocha

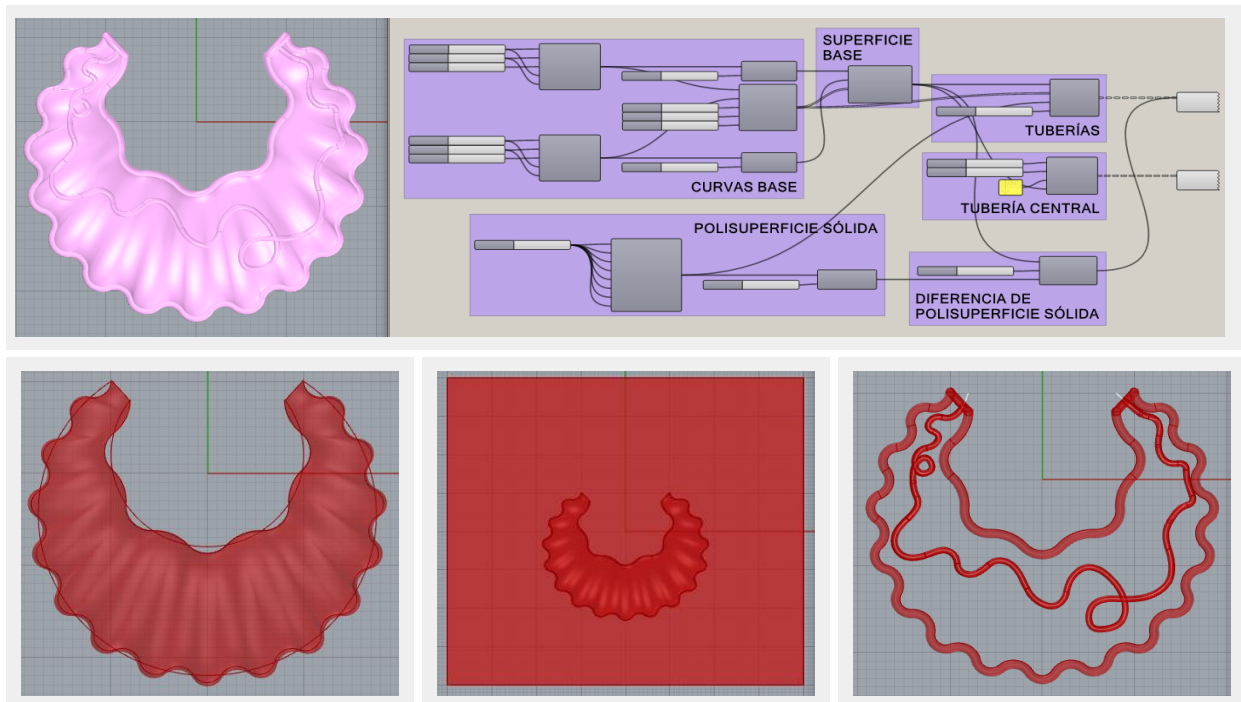
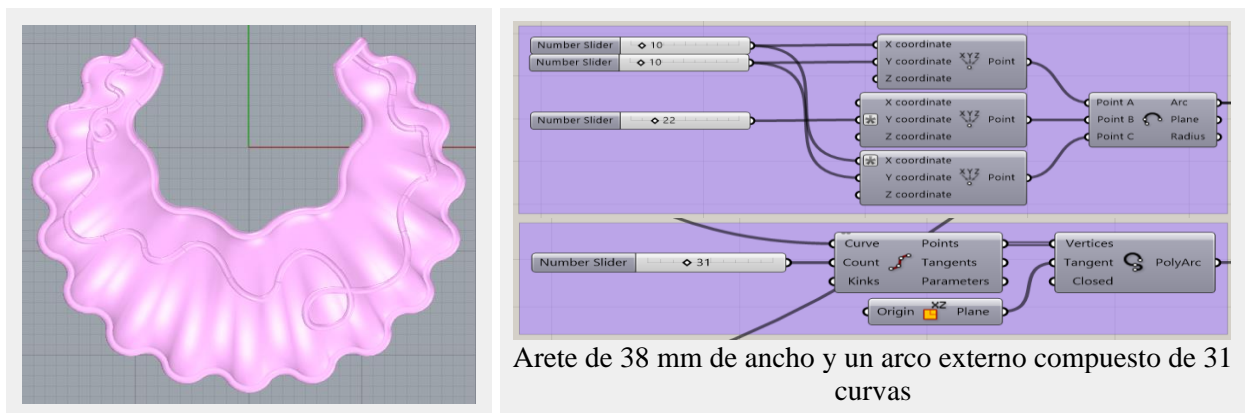
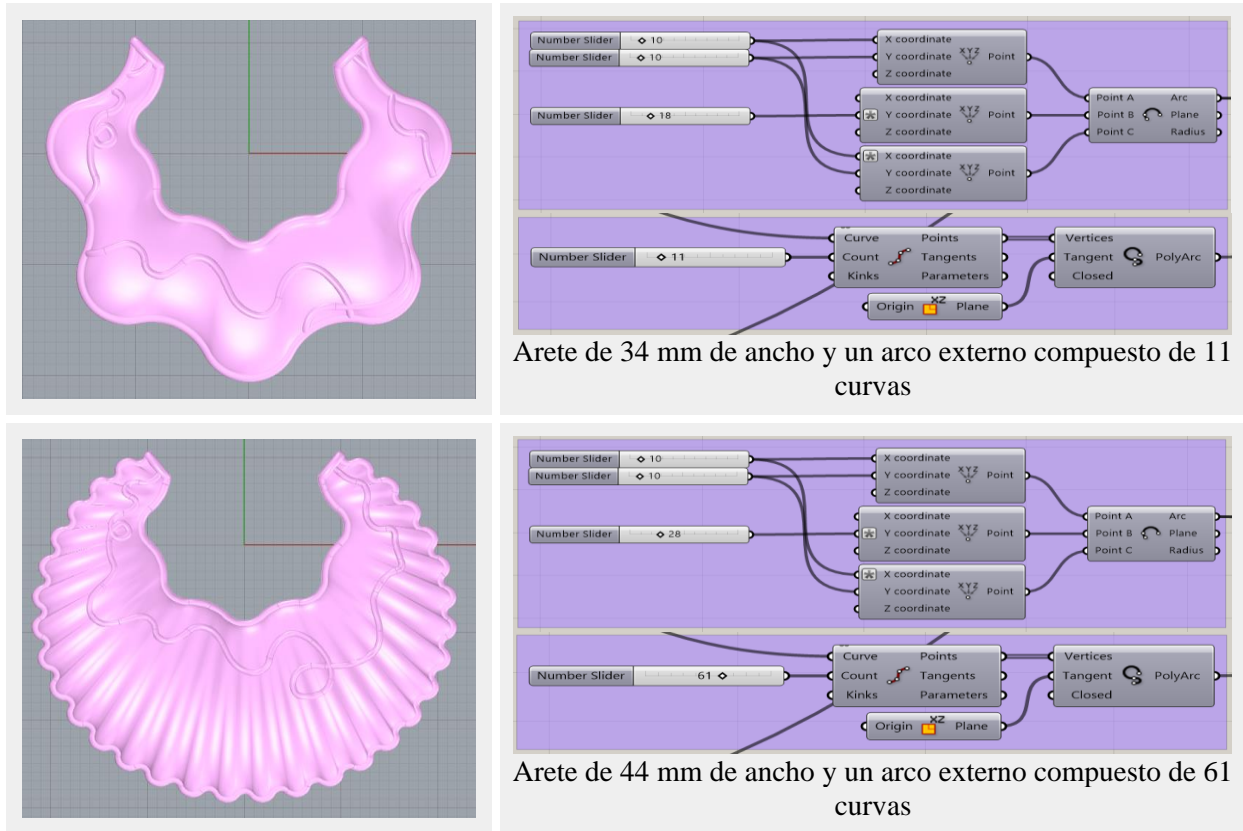


Figura 33 Variación paramétrica con los principales controles deslizantes (sliders) de la Alternativa 3 Cañón del Chicamocha





5.4 Experimentación con Técnicas de Acabado Artesanal

La aplicación de técnicas de acabado artesanal en las piezas de joyería se hace con el propósito de marcar diferencia respecto al estilo tradicional y, como propuesta, enfocar la joyería fabricada en Santander a un estilo contemporáneo. A su vez, por medio del acabado se complementa el concepto construido alrededor de los elementos Páramo de Santurbán, Hormiga Culona y Cañón del Chicamocha.

Las técnicas para emplear son la pátina y el esmalte, con estas se obtiene una variada gama de colores que añaden interés visual y expresividad a la superficie del metal, evitando que el acabado de las piezas dependa únicamente de la coloración que se adquiere a partir de los metales

preciosos. Estas técnicas son procesos ejecutados totalmente a mano, por lo mismo los resultados van a ser muy variados.

5.4.1 Pátinas

A continuación, se evidencia el proceso y los resultados de las pátinas obtenidas en probetas de cobre, latón y plata, proceso guiado por el libro, Pátinas de Matthew Runfola, 2015.

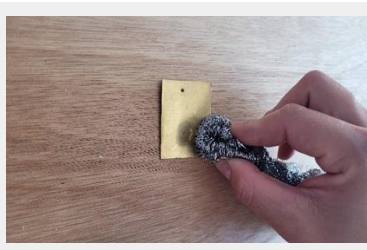
5.4.1.1 Preparación de la Superficie del Metal. Antes de empezar con el proceso oxidante se debe limpiar la superficie del metal para eliminar cualquier residuo que afecte el resultado de la pátina o que impida la coloración, la limpieza se puede realizar de manera mecánica o química.

Figura 34 *Limpieza mecánica de la superficie del metal*



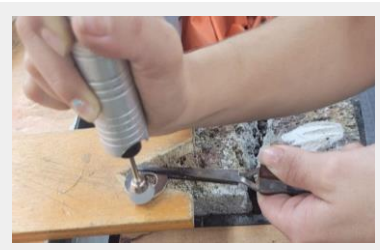
Lija

Se frota una lija sobre la superficie del metal creando patrones de líneas visibles que dan un acabado mate.



Lana de acero (brillo)

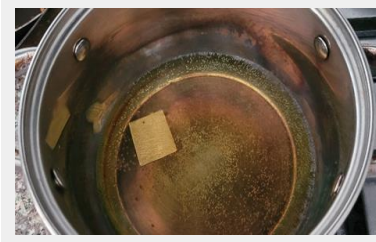
El movimiento de la lana de acero sobre el metal pule la superficie y le da un acabado brillante.



Cepillado eléctrico

Con un cepillo eléctrico se hacen finas abrasiones que dan un acabado satinado a la superficie del metal.

Figura 35 Limpieza química de la superficie del metal



Baño decapante

En una olla con ácido nítrico hirviendo se introduce la pieza de metal, se lava con agua y/o frota con un cepillo de cerdas metálicas. Elimina manchas, óxido o escamas.



Ácido fosfórico

Es un baño en frío aplicado con un pincel o un rociador, se lija la superficie y se lava con agua para retirar los residuos químicos. Elimina aceites y grasa.



Limpieza con acetona

Se frota la superficie del metal con un paño impregnado de acetona, tantas veces sea necesario. Elimina aceites, grasa y humedad.

5.4.1.2 Patrones en la Superficie del Metal. El resultado de la oxidación se puede modificar realizando texturas sobre el metal, cubriendo parte de la superficie o añadiendo elementos que absorben las sustancias químicas, estas técnicas crean efectos visuales durante el envejecimiento del metal.

Figura 36 Técnicas para la creación de patrones



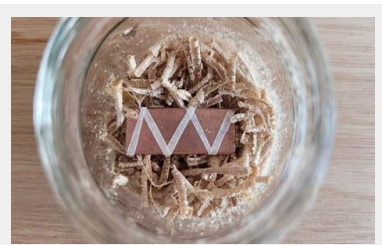
Martillado o laminado

Hendiduras o tramado de la superficie a partir del golpeado en seco o la impresión de textura mediante un laminador.



Enmascarado

Cubrimiento de zonas específicas mediante el uso de la cinta.

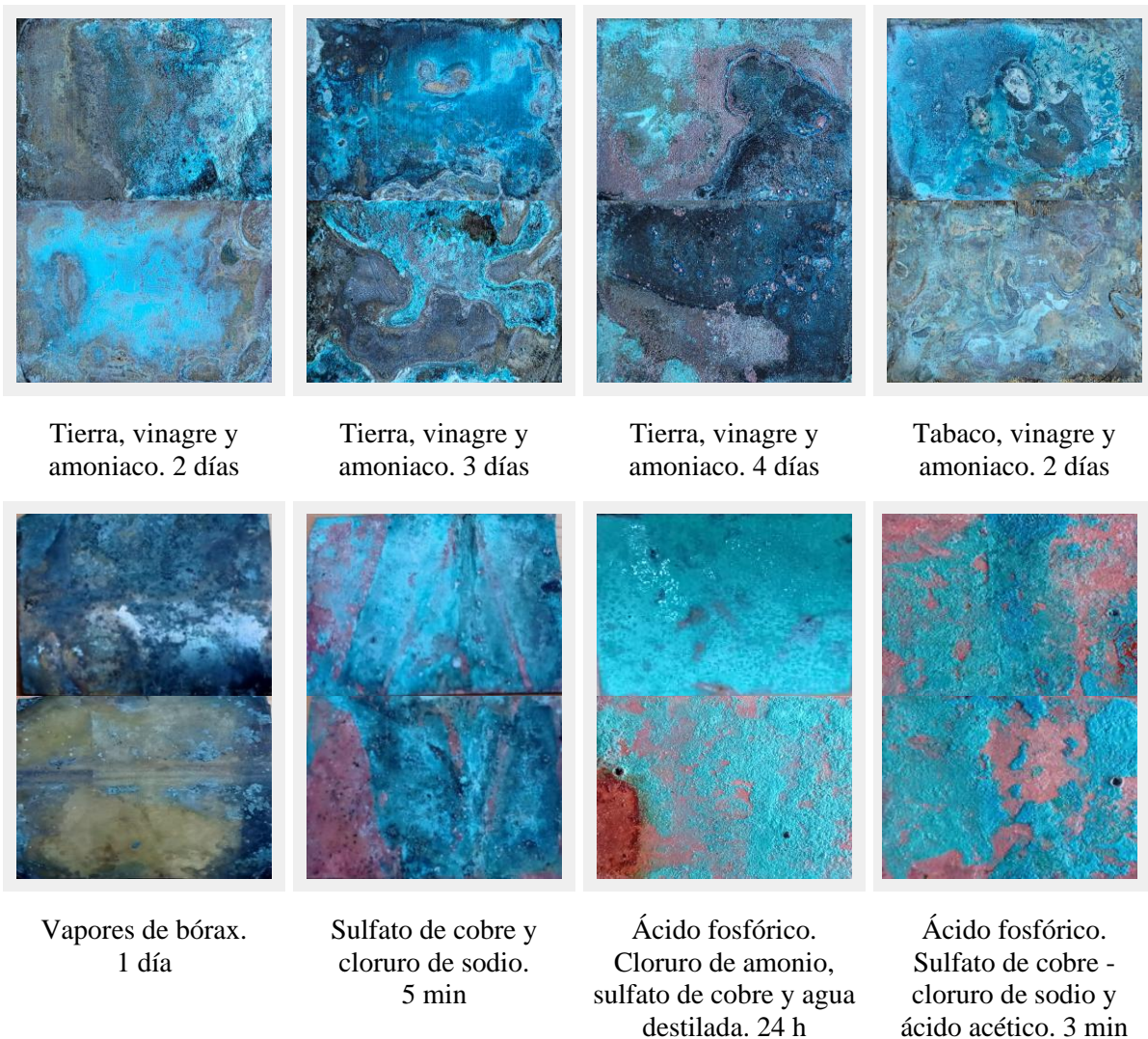


Elementos externos

Componentes agregados como: aserrín u hojas de tabaco, que durante el proceso químico crean patrones.

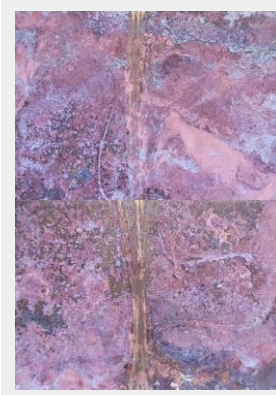
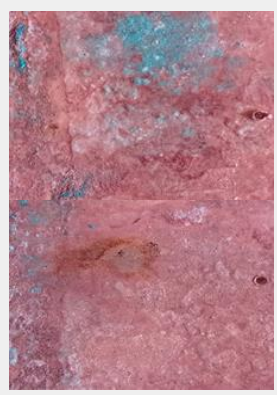
5.4.1.3 Resultados de las Pátinas. La oxidación más llamativa y fácil de adquirir en el latón son las tonalidades azules, estas se adquieren a temperatura ambiente y la variedad de tonos depende del tiempo que dure el proceso. A continuación, se puede observar los resultados, los químicos usados y el tiempo empleado en el proceso. Para visualizar el proceso de la elaboración por medio de imágenes se encuentra en el apéndice I.

Figura 37 Pátinas en latón



Acetona. Cloruro de amonio y agua destilada. 3 días

Acetona. Cloruro de amonio y agua destilada. 3 días

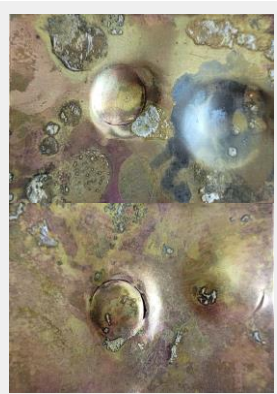
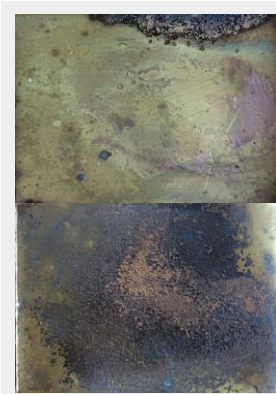


Ácido fosfórico.
Sulfato de cobre - cloruro de sodio y ácido acético. 3 min
Acetona. Cloruro de amonio y agua destilada. 3 min

Sulfuro de potasio y agua caliente. Batir la sustancia. 10 días

Baño decapante. Sulfato de cobre - cloruro de sodio y ácido acético. 5 min

Amoniaco y sulfato de cobre - cloruro de sodio y ácido acético. 5 min



Ácido fosfórico.
Sulfato de cobre - cloruro de sodio y ácido acético. 3 min
Amonio y agua destilada. 1 min
Azufre y sulfato de potasio. 12 h

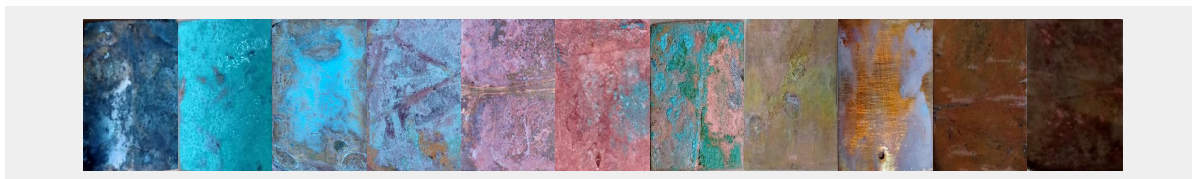
Lámina calentada con soplete sobre azufre hasta que se vuelva naranja, inmediatamente se decapa la pieza.

Lámina martillada y calentada con soplete sobre bórax hasta que se vuelva naranja, inmediatamente se decapa la pieza.

Lámina calentada con soplete sobre bórax. 5 min
Azufre y sulfato de potasio. 1 min



Figura 38 *Espectro de la coloración en el latón*



El cobre es un metal que al ser expuesto al calor ya sea por medio de un soplete de gas o alguna sustancia hervida, tiende a obtener con facilidad y en poco tiempo coloraciones moradas o anaranjadas. En la siguiente tabla se puede ver los resultados obtenidos de la oxidación de este metal.

Figura 39 *Pátinas en cobre*

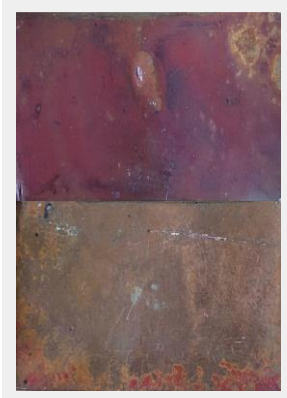


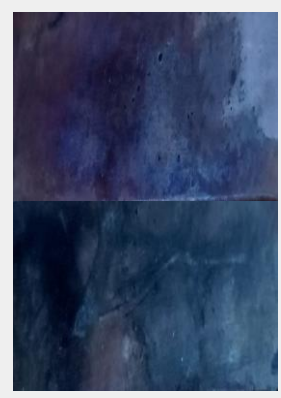
Lámina calentada con soplete sobre bórax, hasta que se vuelva negra, inmediatamente se decapa la pieza.



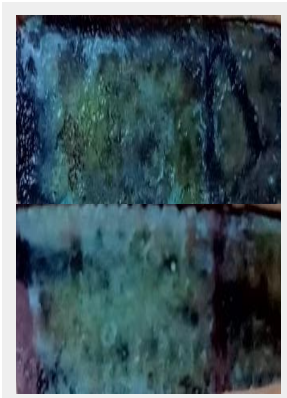
Lámina calentada con soplete, hasta que se vuelva negra, inmediatamente se sumerge en agua y bórax hirviendo. 1 vez



Lámina calentada con soplete, hasta que se vuelva negra, inmediatamente se sumerge en agua y bórax hirviendo. 3 veces



Sulfuro de potasio - sulfato de cobre y bórax. 1 día



Amoniaco y tabaco. 1 min
Sulfato de cobre - cloruro de sodio y ácido acético. 5 min



Amoniaco y sal. 10 días



Tabaco y amoníaco. 1 día



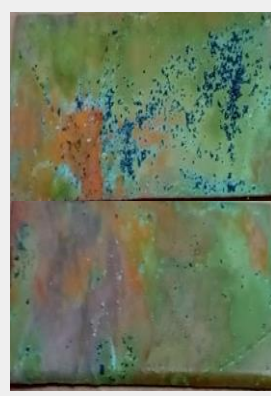
Sulfuro de potasio y agua caliente. 10 días
Sulfuro de potasio, agua caliente y amoniaco. 4 días



Ácido fosfórico.
Sulfato de cobre-
cloruro de sodio y
ácido acético. 24 h
Acetona. Cloruro de
amonio y agua
destilada. 3 días



Ácido fosfórico.
Sulfato de cobre -
cloruro de amonio y
agua destilada. 24 h
Acetona. Cloruro de
amonio con agua
destilada. 3 días



Amonio y agua
destilada. 1 min
azufre y sulfato de
potasio. 1 min
Sulfato de cobre-
cloruro de sodio y
ácido acético. 1 min



Sulfuro de potasio y
agua caliente. Se bate
la sustancia
diariamente. 10 días



Sulfuro de potasio y
agua caliente. 10 días
Se le agrega sal a la
sustancia inicial.
3 días



Azufre y amoniaco, Se
expone al sol.
30 min



Sulfato de potasio. 20
días



Lámina calentada con
soplete sobre sulfato
de potasio.
2 min

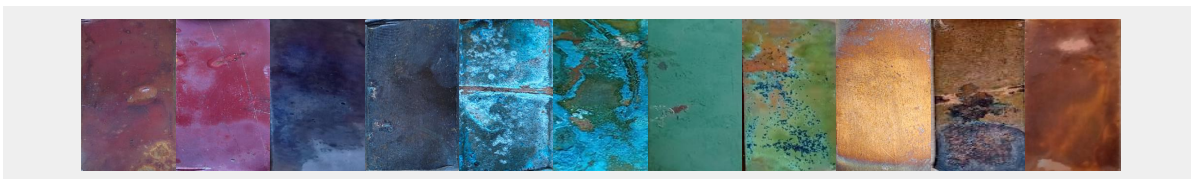


COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

77

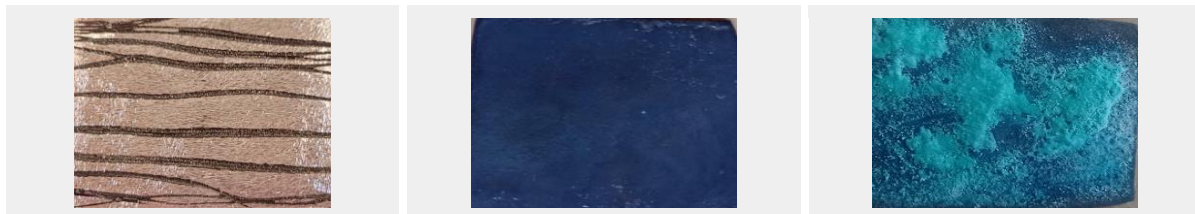


Figura 40 *Espectro de la coloración en el cobre*



La plata es un metal precioso difícil de oxidar y tiende a presentar coloraciones oscuras entre gris y negro. Debido a que es uno de los metales más usados en la joyería, es común ver piezas con acabado envejecido o que hace lucir a la plata vieja, a esto se le conoce como pavonado. El pavonado es el ennegrecimiento intencional de las cavidades en una Joya de plata como parte del diseño para destacar más sus detalles decorativos (Joyería Gante, s.f).

Figura 41 *Pátinas en plata*





Hipoclorito de sodio. 12 h

Baño de ácido nítrico en
caliente. 2min

Baño de ácido nítrico y
sumersión en Ácido fosfórico.
Sulfato de cobre y cloruro de
amonio. 5 min

5.4.1.4 Conservación de la Pátina. Para detener el proceso de oxidación, conservar la pátina y aislar el metal oxidado de la piel, se debe lavar con agua el metal, retirar los residuos, secar y aplicar una película de laca o esmalte.

Figura 42 *Técnicas de recubrimiento para la protección de la pátina*



Laca

Detiene la oxidación y preserva la pátina. Dependiendo del acabado se escoge el tipo: brillante, satinada o mate.

Esmalte transparente

Protege y da brillo a la pátina. Sin embargo, el horneado para curar el esmalte puede modificar el resultado.

5.4.2 Esmalte Sobre Metal

La técnica de esmaltado tiene un proceso sencillo que requiere de la utilización de materiales comunes y pocas herramientas a comparación de las pátinas. Con esta técnica es posible obtener una paleta de color amplia que no modifica las propiedades físicas o químicas del metal debido a que el material se adhiere a la superficie.

5.4.2.1 Proceso de Esmaltado sobre Metal. En la siguiente tabla se especifica el proceso realizado para la utilización de esmaltes de curado en horno.

Figura 43 *Proceso del esmaltado de metales en horno*

	<p>Limpieza del metal</p> <p>La superficie debe estar limpia, sin presencia de residuos grasos o aceitosos que impidan la adherencia del esmalte o que a largo plazo este se empiece a caer, por lo que se recurre a un baño decapante.</p>
	<p>Preparación del esmalte</p> <p>Se mezcla el 40% de la parte A (pigmento) y el 60% de la parte B (catalizador).</p>
	<p>Aplicación sobre metal</p> <p>Con un pincel se aplica una fina capa sobre la superficie del metal. Dependiendo de la técnica o el resultado que se quiera conseguir se pueden usar otras herramientas.</p>



Curado del esmalte

La pieza esmaltada se introduce al horno a una temperatura de 250 °F durante dos horas o a temperatura ambiente durante 24 a 48 horas. La pieza se debe curar tantas aplicaciones de esmalte se lleven a cabo.

5.4.2.2 Resultado del Esmaltado. Se realiza una prueba previa para determinar el material sobre el cual se va a trabajar las técnicas de aplicación de esmalte. En la imagen se observa el resultado de esmalte naranja sobre los metales latón, cobre y plata, de los cuales se escoge el latón por tener una base clara sobre la que se puede apreciar el color y por su bajo precio al compararlo con la plata.

Figura 44 Prueba de esmalte sobre diferentes metales



Figura 45 Técnicas de aplicación de esmalte



Paleta de colores

Se hace la paleta de colores con los 12 pigmentos que trae el kit. Para comparar la intensidad se hace una prueba sobre base blanca y una sobre latón.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

81

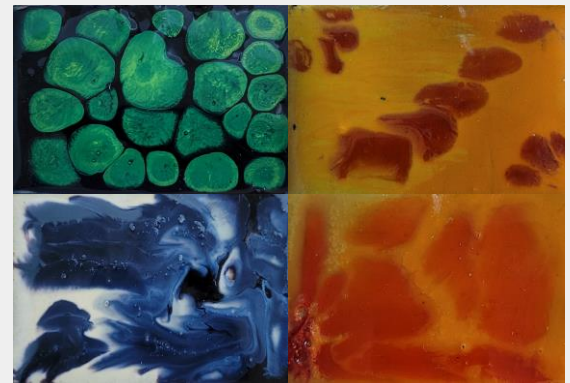


Sin base blanca



Degradado

Con diferentes colores se pueden crear degradados, dependiendo de la herramienta y habilidad se va a conseguir una transición más suave.



Esmalte sobre esmalte sin curar

Con un pincel se aplica una base de esmalte y se deja caer gotas de un color diferente. Se puede mover la lámina para que los colores se esparzan o mezclen.



Esmalte sobre esmalte luego del curado

Se aplica esmalte sobre una base con o sin textura y se cura. Nuevamente se aplica esmalte de manera uniforme o haciendo figuras, y se cura por segunda vez.



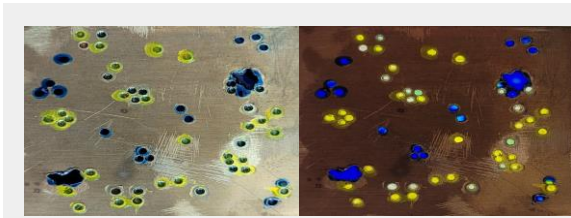
Gotas o formas de esmalte sobre metal

Sobre la lámina se hacen gotas o líneas de esmalte, esta técnica se puede usar para dibujar sobre el metal sin necesidad de una guía.



Esmalte sobre superficie con textura

Se graba la lámina por martillado o laminado y se aplica el esmalte en toda la superficie o únicamente en el gradado.



Esmalte en lámina calada

Se perfora o cala la lámina y se aplica el esmalte en las perforaciones, esta técnica permite el paso parcial de la luz.

5.5 Combinación de Diseño Paramétrico y Acabado Artesanal

En esta parte se combinan los acabados artesanales obtenidos en la fase experimental del proyecto con las propuestas de diseño para las tres colecciones. Las técnicas de acabado implementadas en cada alternativa se seleccionaron teniendo en cuenta la paleta de color definida en los moodboard, y la superficie o forma de las piezas.

5.5.1 Aplicación de Acabado Artesanal

Al igual que en la ejemplificación de la variabilidad paramétrica de las alternativas, se presentan tres variaciones del acabado con el objetivo de demostrar que una pieza de joyería puede ser única o exclusiva aun si se fabrican varias piezas con el mismo diseño formal. En las variaciones se incluye el color o técnica del esmalte empleado y, en el caso de las pátinas, se incluye la numeración y el metal.

5.5.1.1 Alternativas Páramo de Santurbán

Figura 46 Aplicación de esmalte (translúcido) sobre el modelo de Arete 1 colección Páramo de Santurbán



Figura 47 Aplicación de pátinas en latón sobre el modelo de Arete 2 colección Páramo de Santurbán

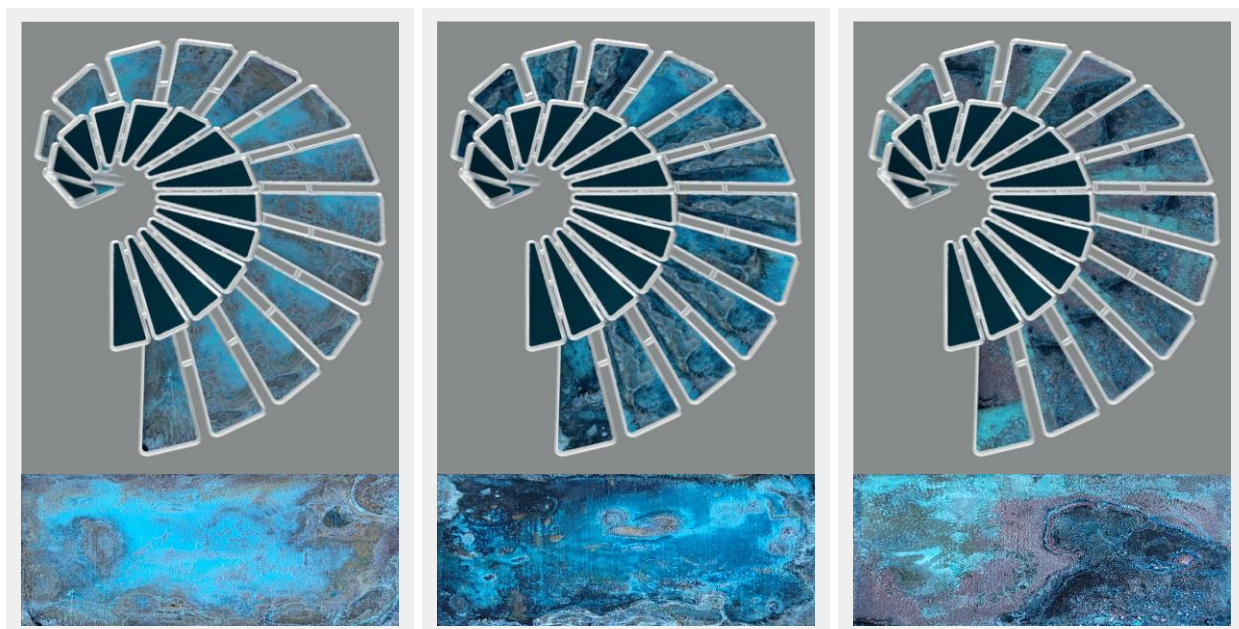
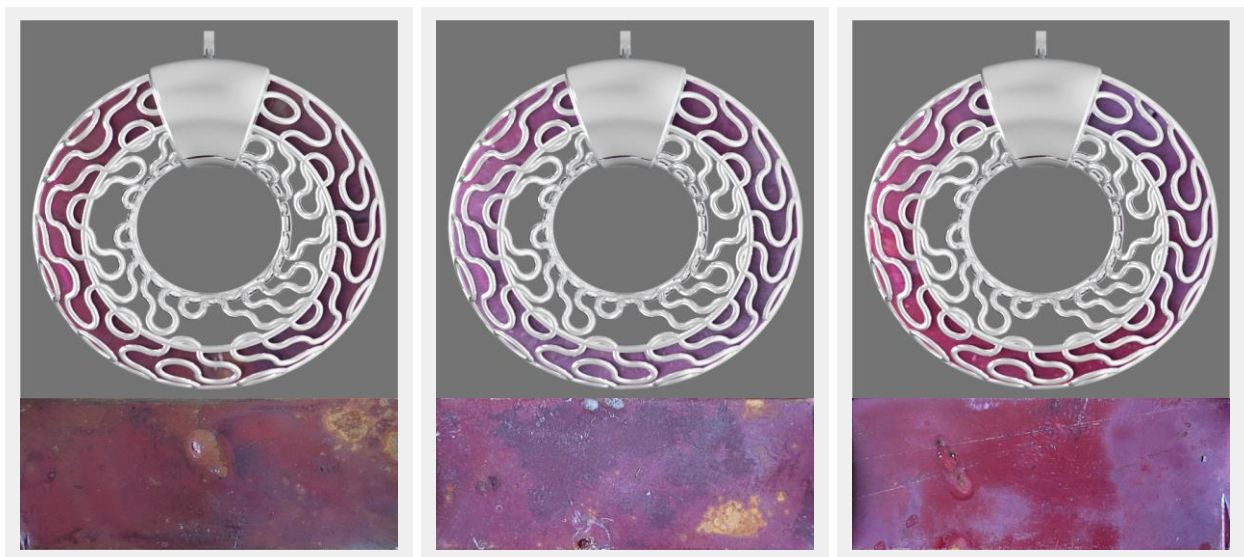


Figura 48 *Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 3 colección Páramo de Santurbán*



5.5.1.2 Alternativas Hormiga Culona

Figura 49 *Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 1 colección Hormiga Culona*



COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

85

Figura 50 Aplicación de pátinas en cobre sobre el modelo de Arete 2 colección Hormiga Culona

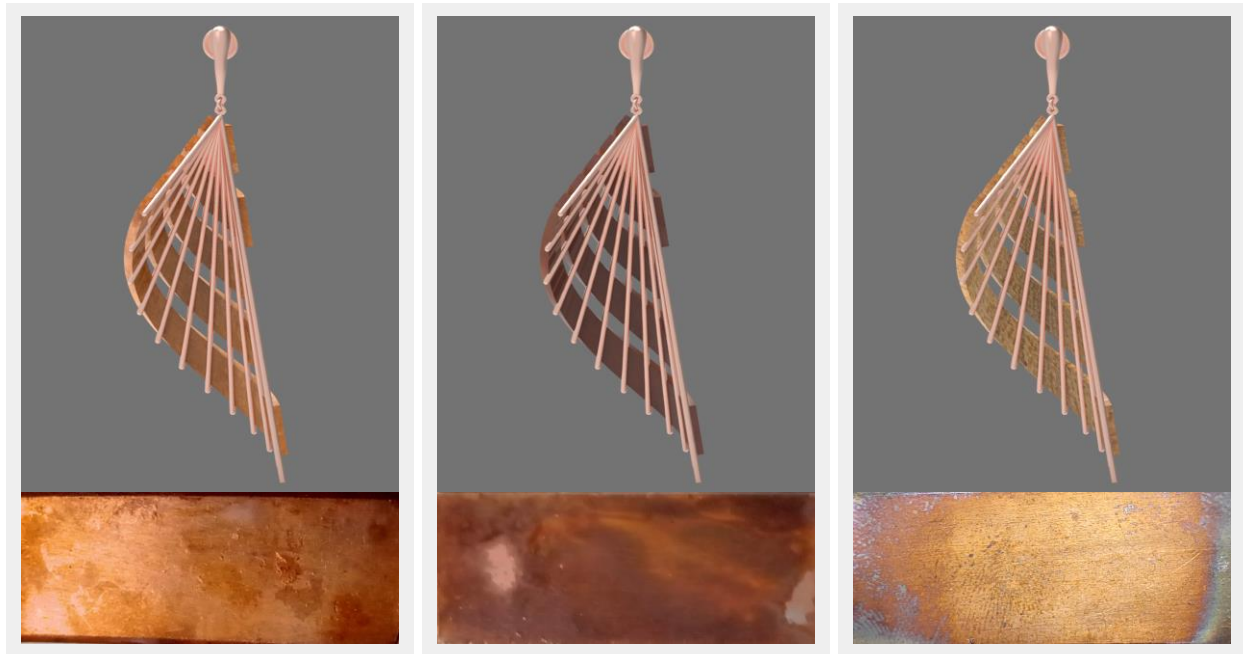
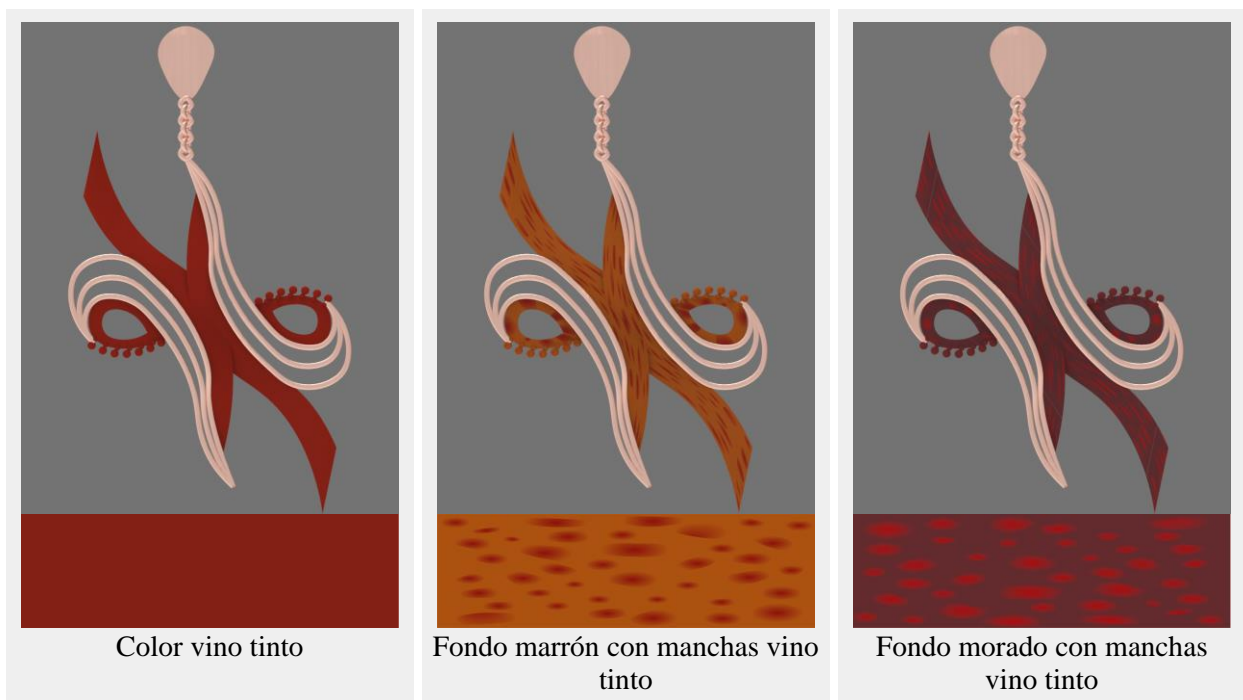


Figura 51 Aplicación de esmalte (sólido) sobre el modelo de Arete 3 colección Hormiga Culona



5.5.1.3 Alternativas Cañón del Chicamocha

Figura 52 Aplicación de esmalte (degradado) sobre el modelo de Arete 1 colección Cañón del Chicamocha

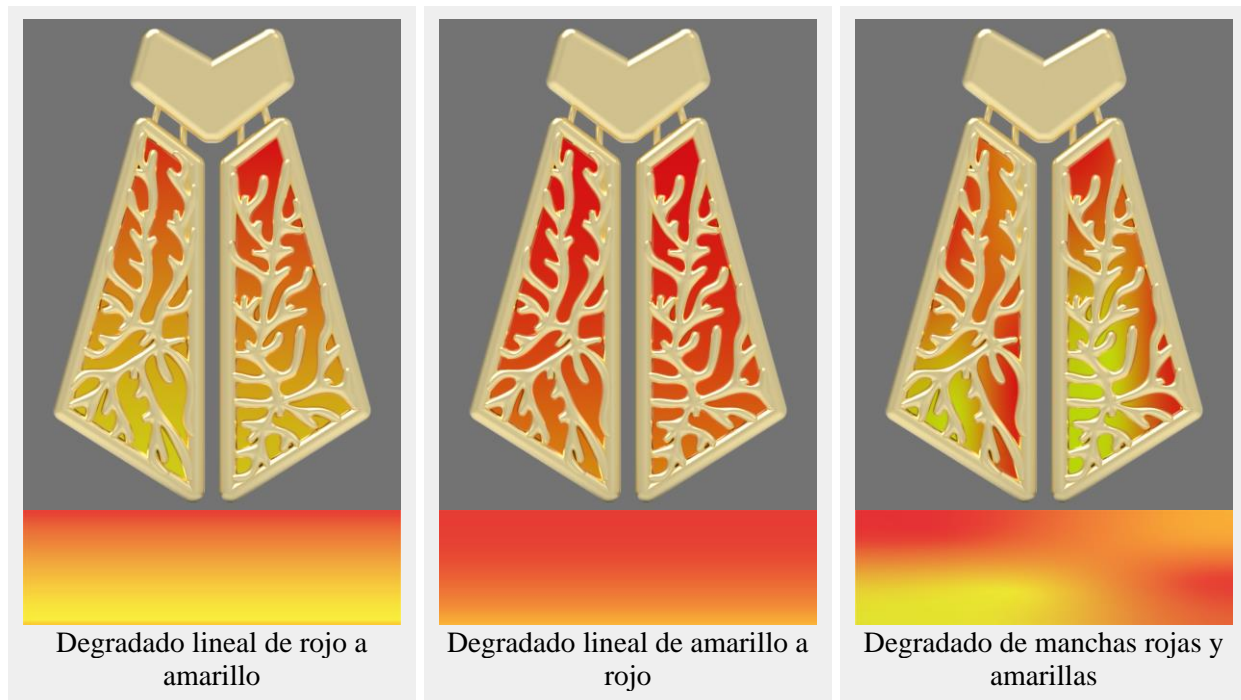


Figura 53 Aplicación de esmalte (translúcido) sobre el modelo de Arete 2 colección Cañón del Chicamocha

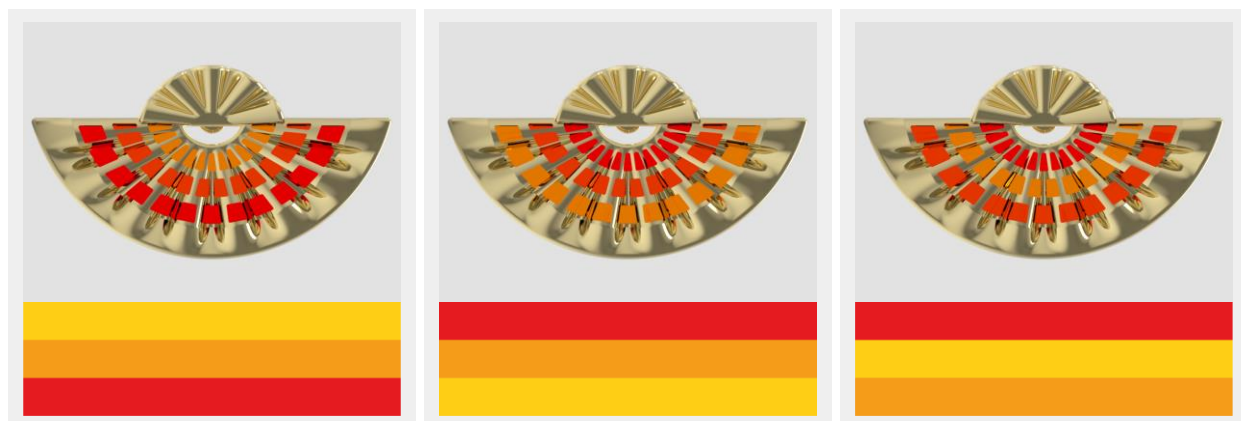


Figura 54 Aplicación de pátinas en latón sobre el modelo de Arete 3 colección Cañón del Chicamocha

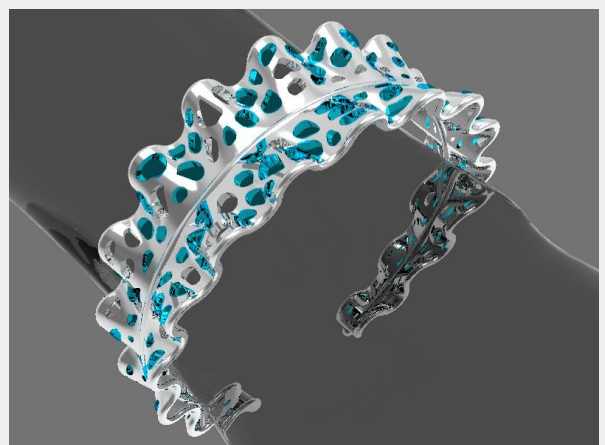


5.5.2 Alternativas Finales

5.5.2.1 Colección Páramo de Santurbán

Figura 55 Render de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1

La propuesta se centra en los lagos que adornan el Páramo y que se perciben de tonalidades que van desde el azul hasta el verde.



Por lo que, a través del diseño curvado del metal, el calado y el color del esmalte se refleja el entorno natural y exótico que caracteriza a este ecosistema.

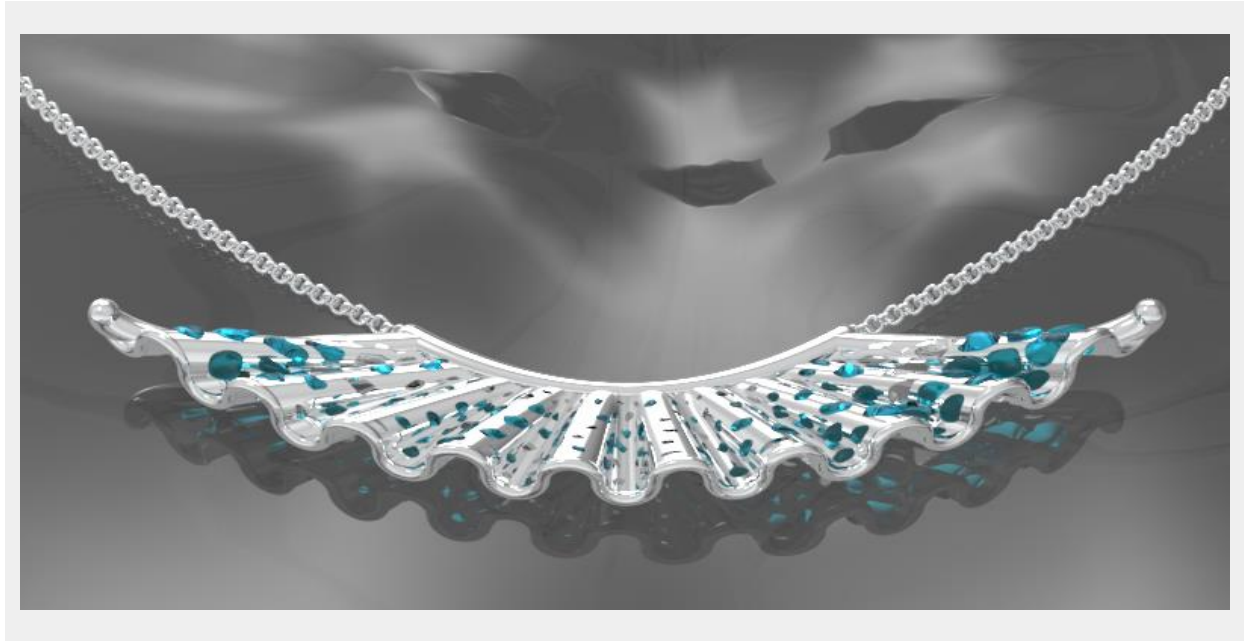
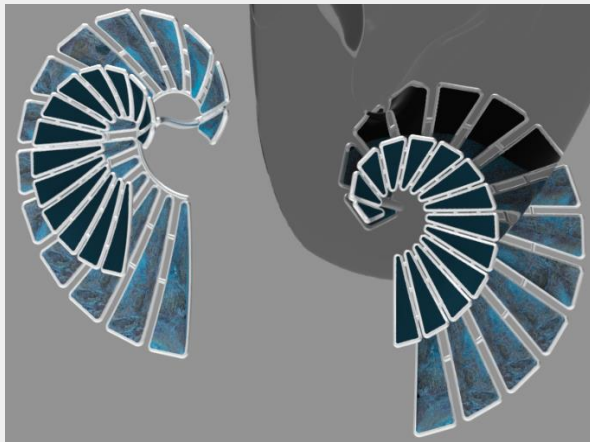


Figura 56 *Render de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 2*

Esta propuesta se basa en el frailejón, su importante papel en el ecosistema y las diferentes tonalidades de azul presentes en el páramo.



Su diseño laminar curvo representa las hojas agrupadas en forma de roseta al final del tallo del frailejón. El azul oscuro y claro hacen alusión al agua que absorben los pelitos de estas hojas.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

89

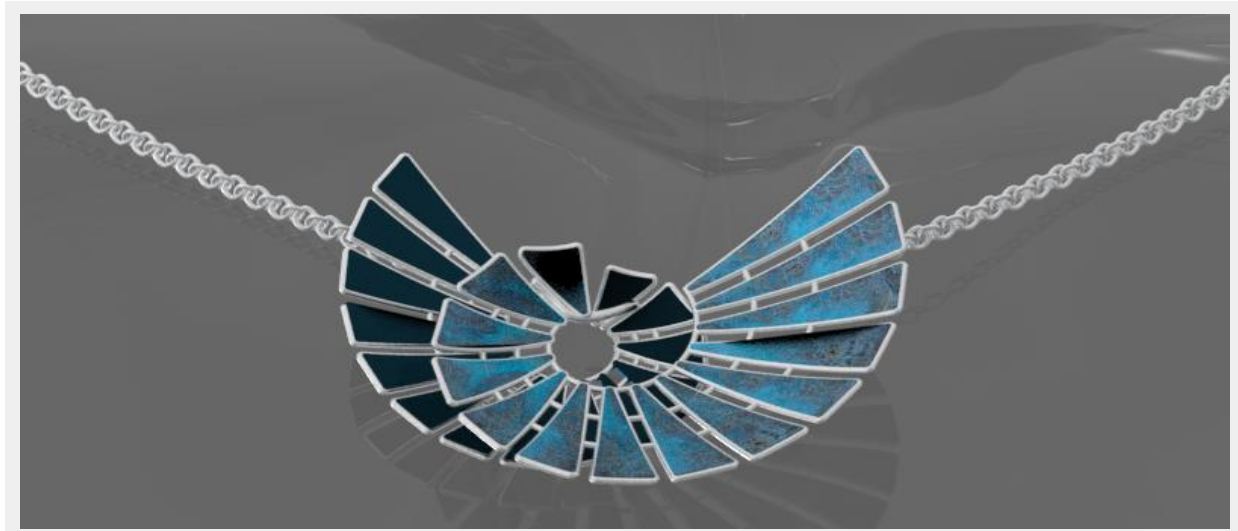
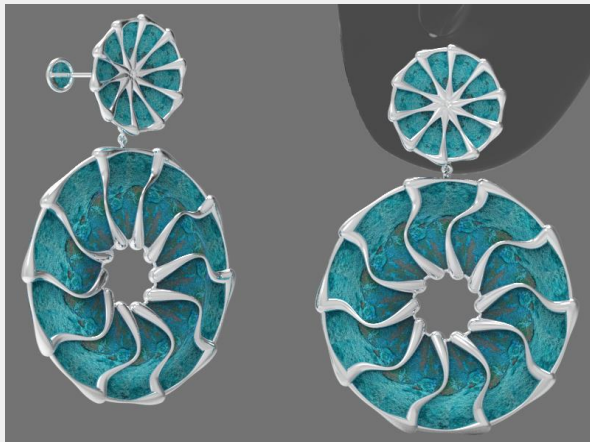


Figura 57 Render de la colección *Páramo de Santurbán Alternativa 3*

El concepto se centra en el valor del frailejón en el ecosistema como recolector de humedad y productor de agua.



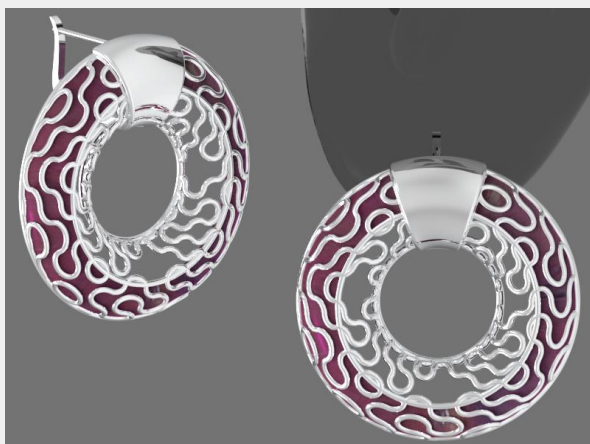
Las tuberías representan las raíces de los frailejones, siendo estas las que liberan el agua. El color azul representa el agua en circulación y con dirección centrada a las fuentes hídricas.



5.5.2.2 Colección Hormiga Culona

Figura 58 *Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 1*

La propuesta está inspirada principalmente en los túneles y cavidades de los nidos de las hormigas.



El color morado de la pátina y la forma acorazada de las superficies intercaladas, hacen referencia al color de la hormiga y su duro exoesqueleto.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

91

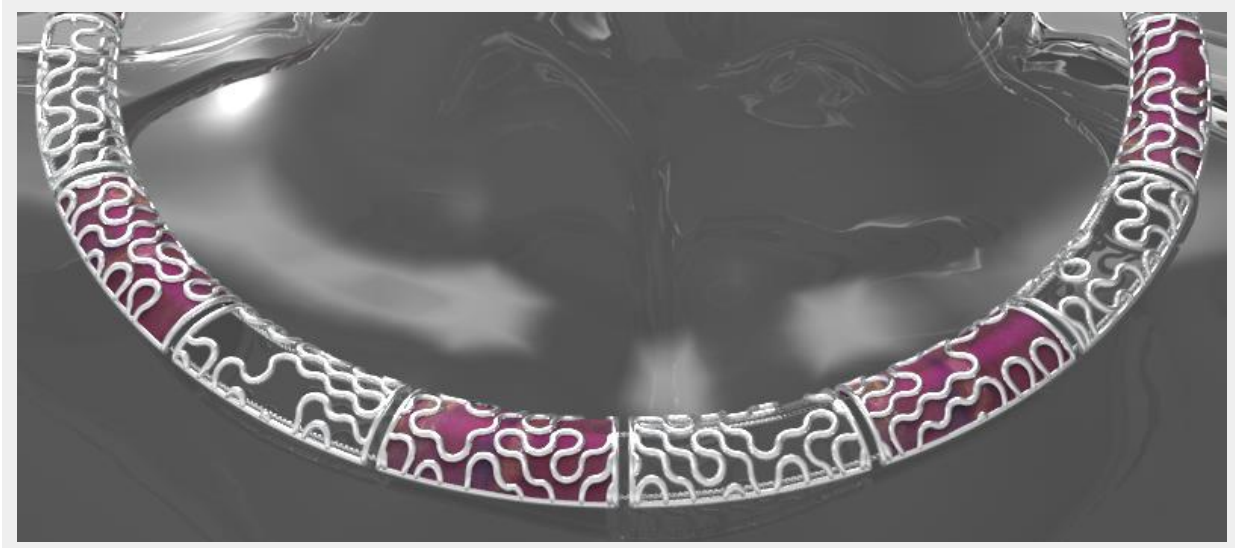


Figura 59 *Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 2*

La propuesta destaca una de las partes más llamativas de la hormiga, sus monumentales alas.



Se conserva el color natural del cobre para las tuberías y a los paneles sólidos se le aplica una pátina en tono naranja.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

92

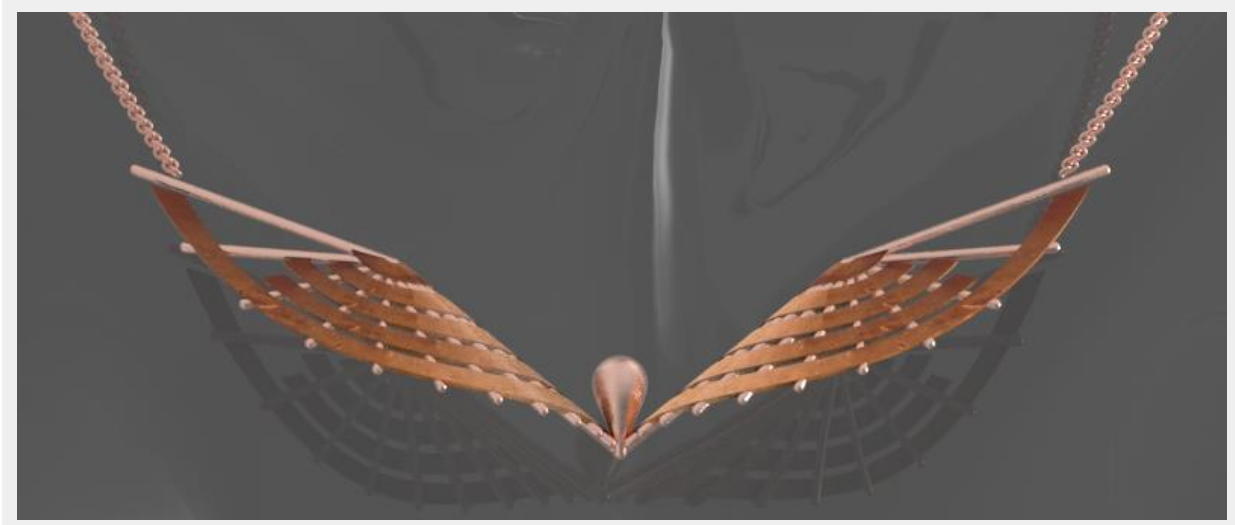
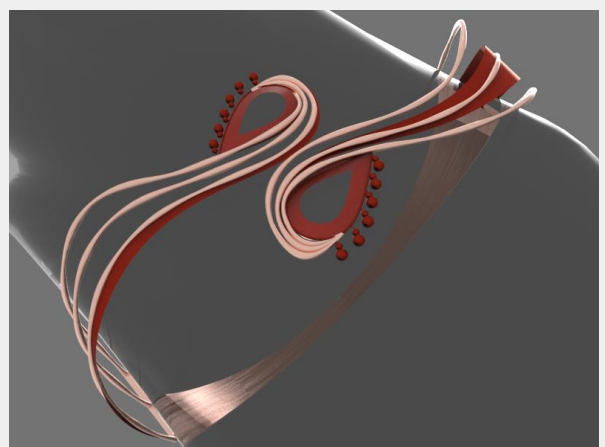
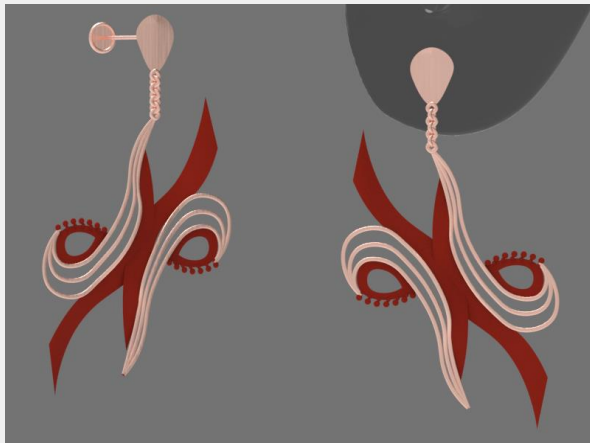
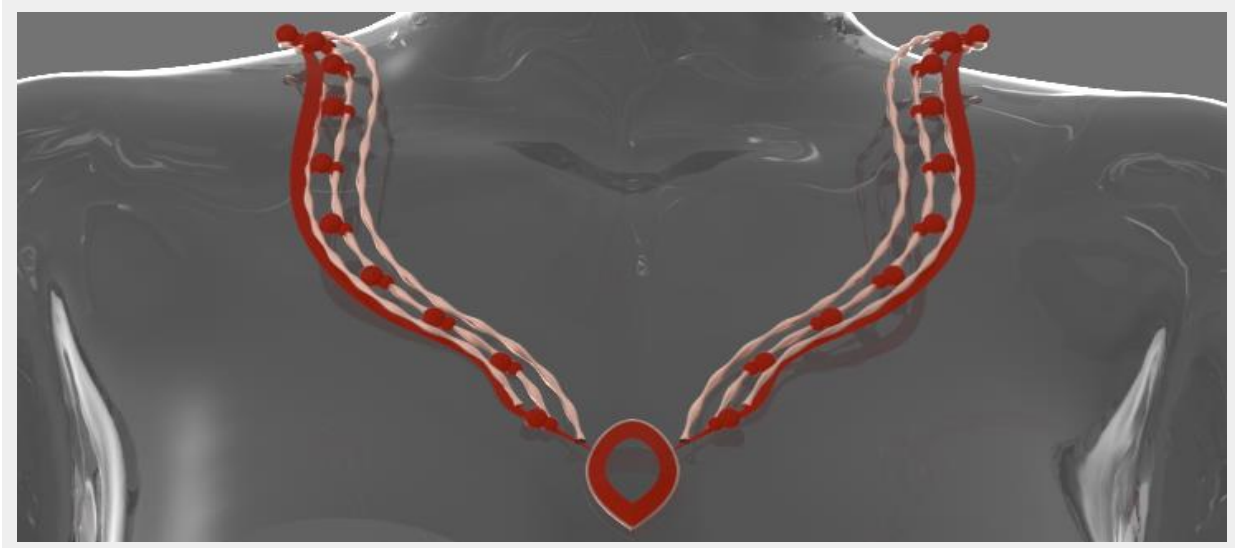


Figura 60 *Render de la colección Hormiga Culona Alternativa 3*

Esta propuesta se enfoca en la curiosa forma de las hormigas al organizarse para el desarrollo de las distintas actividades dentro y fuera de su nido.



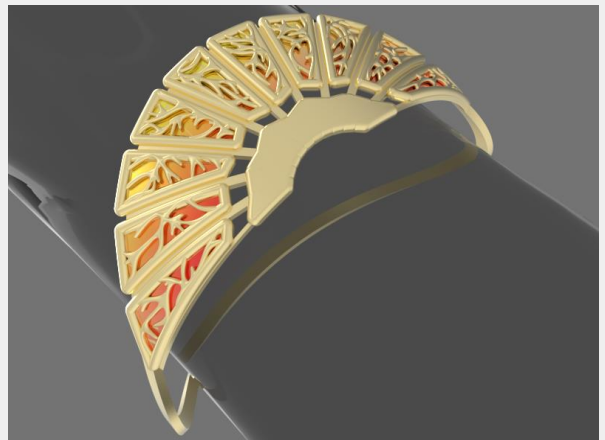
Los objetos esféricos que se posicionan alrededor de las formas en gota plasman el camino de hormigas hacia su nido y representa la cooperación entre ellas.



5.5.2.3 Colección Cañón del Chicamocha

Figura 61 *Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1*

El concepto principal de la propuesta parte del clima seco e intenso sol que golpea al Cañón del Chicamocha. Se usó una paleta de colores cálidos y vibrantes (rojo, naranja y amarillo).



El sol se representa en la parte superior de cada pieza y los patrones de raíz es la extensa superficie de las montañas, con suelos secos y escasa vegetación.

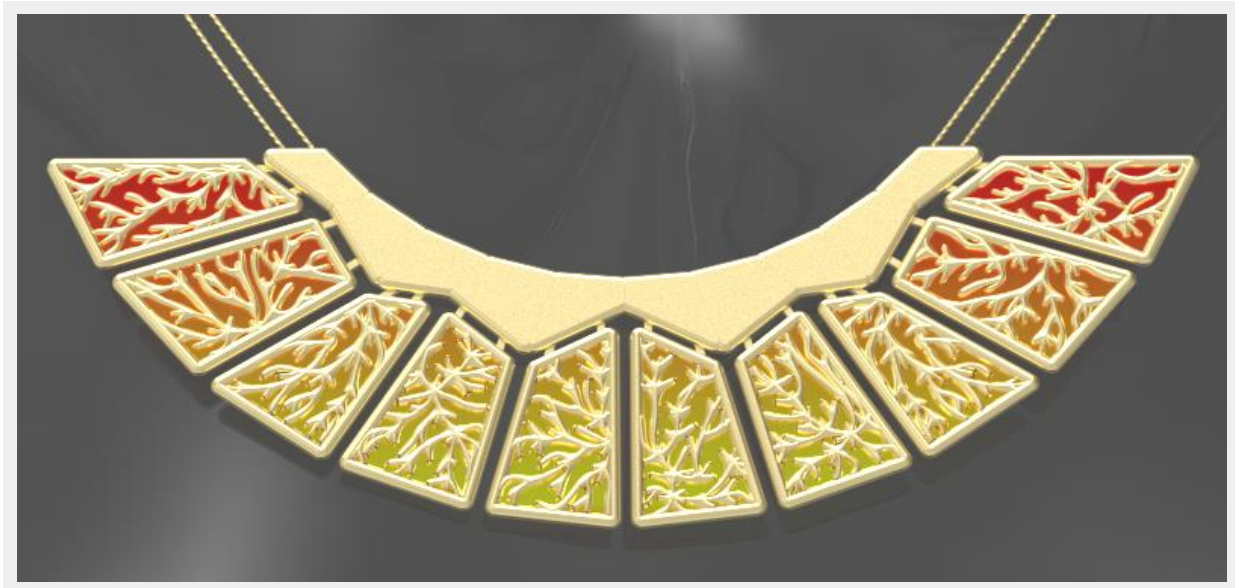
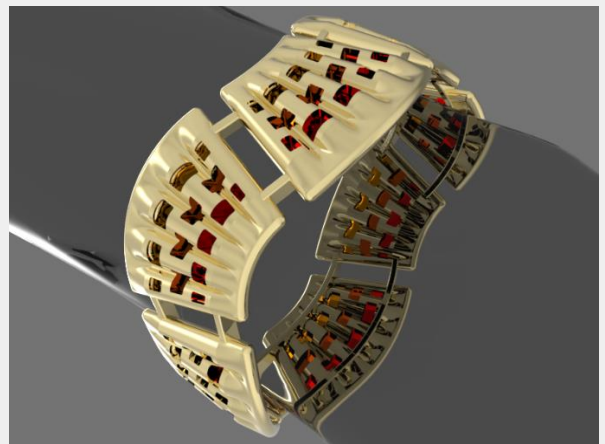


Figura 62 *Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 2*

La propuesta se basó en los elementos: sol, colores cálidos (amarillo, naranja y rojo) y las montañas características del cañón del Chicamocha.

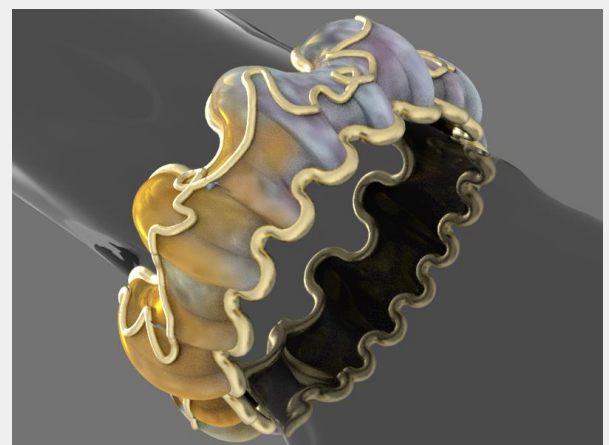
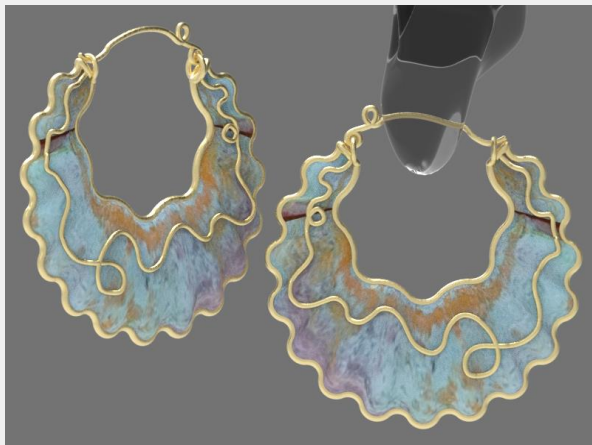


El sol es la pieza superior curvada hacia el exterior, los rayos solares es el esmalte aplicado en el troquelado y la extensión de las montañas son las piezas inferiores que tienen la curvatura en el interior de esta.

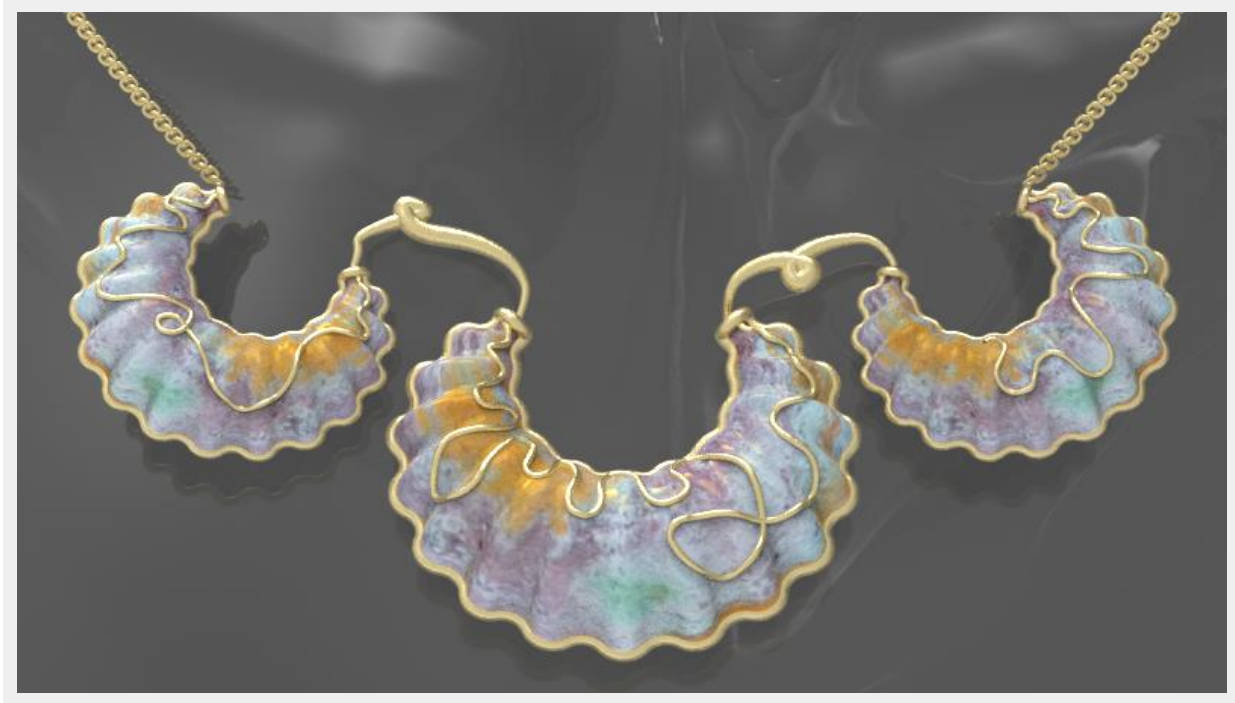


Figura 63 *Render de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 3*

El concepto de la propuesta se centra en la carretera que cruza el Cañón del Chicamocha y la superficie de este.



La tubería central representa la extensa y curvada carretera del cañón, la superficie curva y los colores de la pátina representan la rugosidad y coloración natural del terreno sedimentado.



5.6 Evaluación y Selección de Alternativas por Colección

Se realizaron 3 alternativas por colección conformadas por aretes, collar y brazalete, las cuales fueron basadas en los referentes del Apartado 5.2 y en los Apartados 5.3 al 5.5 donde se ve la variación de algoritmos y acabados. La selección de alternativas se llevará a cabo en dos etapas, en la primera las 9 colecciones serán sometidas a una evaluación mediante pruebas métricas del programa Grasshopper y en la segunda etapa se realiza la evaluación de percepción por los usuarios, para valorar el porcentaje de cumplimiento de los aspectos (antropometría, acabado y formal) planteados en los requerimientos.

5.6.1 Evaluación de Alternativas por Cumplimiento de Requerimientos

La evaluación de cada requerimiento se realizó de manera individual: los resultados del aspecto antropométrico se tabularon y evaluaron con respecto a los rangos establecidos en los

requerimientos; los aspectos acabado y formal (parametrización) fueron evaluados por usuarios con la escala de Likert en un rango de 1 a 5, siendo 1 el puntaje más bajo y 5 el puntaje más alto. Al completar la evaluación cada una de las alternativas se cuantifican según el cumplimiento en los aspectos por medio de porcentajes con los cuales se determinó que alternativas de cada colección cumplen.

Dentro del requerimiento formal se evalúa la similitud de las alternativas con los conceptos propuestos por los usuarios ubicados en la Figura 5. *Caracterización de los elementos representativos* los cuales serán evaluados por medio de una prueba de concepto donde los participantes por criterio propio deben enlazar las palabras e imágenes con los renders donde se garantice la semejanza formal de las piezas con los referentes. El protocolo y los resultados de las evaluaciones de verificación se encuentran en los Apéndices del J al L.

Tabla 9 Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Páramo de Santurbán

	Antropometría	Acabado	Formal	Total
Alternativa 1	90 %	87 %	75 %	82 %
Alternativa 2	96 %	83 %	60 %	79 %
Alternativa 3	100 %	83 %	45 %	81 %

Nota. Al realizar las respectivas evaluaciones de cada alternativa se realiza una retroalimentación de cada una de ellas, de las cuales destaca la alternativa 1 con 82% de cumplimiento en los requerimientos planteados.

Tabla 10 Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Hormiga Culona

	Antropometría	Acabado	Formal		Total
Alternativa 1	90 %	77 %	75 %	44 %	76 %
Alternativa 2	98 %	90 %	50 %	77 %	84 %
Alternativa 3	86 %	75 %	55 %	65 %	74 %

Nota. Al realizar las respectivas evaluaciones de cada alternativa se realiza una retroalimentación de cada una de las alternativas, de las cuales destaca la alternativa 2 con 84% de cumplimiento en los requerimientos planteados.

Tabla 11 Resultados cumplimiento de los requerimientos Alternativas Cañón del Chicamocha

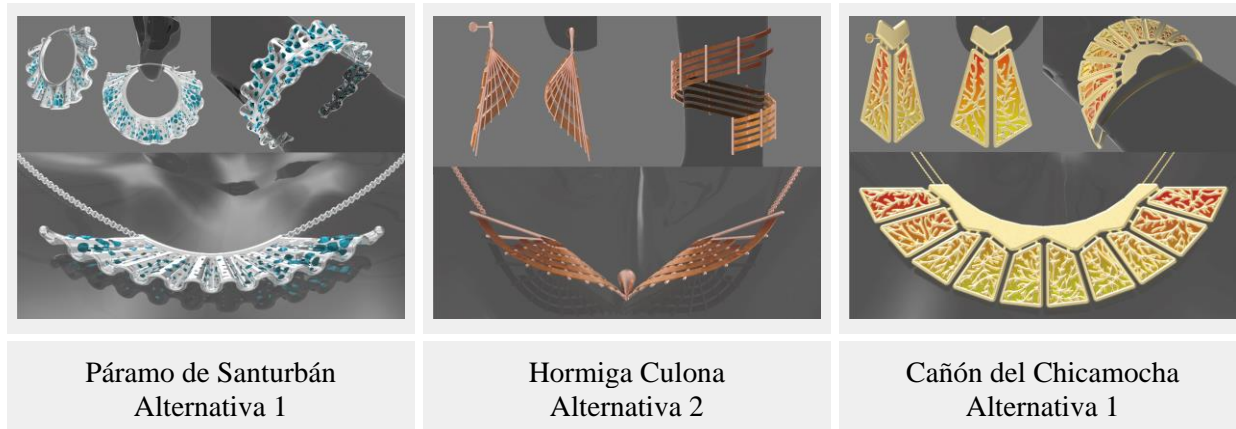
	Antropometría	Acabado	Formal		Total
Alternativa 1	94 %	92 %	65 %	43 %	80 %
Alternativa 2	90 %	82 %	65 %	48 %	76 %
Alternativa 3	94 %	81 %	80 %	51 %	80 %

Nota. Al realizar las respectivas evaluaciones de cada alternativa se realiza una retroalimentación de cada una de las alternativas, de las cuales destaca la alternativa 1 con 80% de cumplimiento en los requerimientos planteados.

5.6.2 Alternativas Seleccionadas

Al realizar la evaluación de las 9 alternativas se analizan las Tablas 9, 10 y 11. en las que se observa los resultados cuantitativos del cumplimiento de los requerimientos y la exclusividad de los acabados expresados en porcentaje, con los cuales se concluye que las alternativas seleccionadas son:

Figura 64 *Alternativas finales de cada colección*



Las colecciones seleccionadas Páramo de Santurbán, Hormiga Culona y Cañón del Chicamocha se observan en la Figura 64. respectivamente, están conformadas por 3 piezas; aretes, collar y brazalete, y con estas colecciones se inicia la fase de verificación.

5.7 Verificación

Para la etapa de verificación se realizaron prototipos de baja fidelidad los cuales serán evaluados por expertos en el campo de la joyería, donde se busca seleccionar una colección que sea viable en la fabricación de una de sus piezas.

5.7.1 Prototipo de Baja Fidelidad

Los primeros prototipos se imprimieron por medio de una impresora 3D utilizando resina de prototipado rápido, estos prototipos a escala real permiten analizar a detalle la estética de la pieza, seleccionar los sistemas de cierre, verificar el peso y las dimensiones de la pieza.

Figura 65 *Prototipos de baja fidelidad*



5.7.2 Verificación con Expertos

5.7.2.1 Prueba de Paseo Cognitivo. En la siguiente prueba se realizó una salida de campo al taller de un joyero del municipio de Floridablanca y se llevó a cabo una charla por medio de indicaciones que el joyero iba realizando, al finalizar, el experto dio una retroalimentación de los detalles que se deben tener en cuenta para el desarrollo óptimo de la pieza en el material seleccionado.

Figura 66 *Prototipos de baja fidelidad con herrajes*



Tabla 12 *Paseo cognitivo con experto orfebre*

Actividad	Análisis
Dar a conocer los prototipos de baja fidelidad al experto orfebre	El experto se toma 5 minutos para analizar los prototipos; los describe como piezas con muchos detalles y un diseño complejo; durante la actividad identifica dos tipos de aretes, candonga y colgante, y los sistemas de cierre necesarios para cada uno.
Acompañamiento visual de los prototipos con los renders digitales	Se muestra desde el celular los renders de los modelos digitales con el material y acabado artesanal. Con estas imágenes se puede analizar qué problemas puede llegar a presentar la aplicación del esmalte en la pieza final.
Muestra de resultado con resina UV sobre piezas	A raíz del anterior paso nos comenta que no se puede emplear cualquier material para el acabado debido a que es necesario un secado rápido que quede brillante aun después de pulir el metal, por lo que nos muestra los resultados que obtuvo al usar una resina de secado UV sobre un par de aretes.
Verificación del peso en una balanza	Al verificar el peso con una balanza el experto nos habla de las características de los materiales propuestos para fabricar las piezas y sugiere corregir las dimensiones de estas, ya que exceden el peso máximo que puede tener un arete provocando en los usuarios molestia y estiramiento de lóbulo de la oreja.
Muestras de diferentes sistemas de cierre	El experto dispone de 5 tipos de cierres donde nos especifica las características de calidad, comodidad y coherencia formal, información de la cual se concluye cuál de los cierres permite que la pieza ofrezca la mejor experiencia al usuario.

Nota. En la tabla se describe la actividad llevada a cabo con el experto dentro del taller de joyería y el análisis que realizó respecto a los prototipos.

De la prueba se concluye que es necesario realizar modificaciones en los parámetros de los modelos, para acoplar los sistemas de cierres y disminuir el peso por medio del diseño: grosor, área sólida, tamaño, forma, entre otros aspectos. El joyero Andrés por medio del

consentimiento ubicado en el apéndice M, da fe y autoriza la presentación de los datos recolectados en la visita al taller.

5.8 Detalles de las Alternativas Finales

Al realizar la verificación con las alternativas propuestas al experto se toman en cuenta las observaciones y recomendaciones para definir el material, sistema de cierre y acabado de las piezas, la selección del material va a depender del acabado artesanal propuesto.

5.8.1 Colección Páramo de Santurbán Alternativa 1

Para la fabricación de la colección Páramo de Santurbán se imprime el prototipo en resina de los aretes, dije y brazaletes, para garantizar las medidas de cada una de las piezas; se fabrica con plata ley 925 y el acabado se hace a mano por las diseñadoras con resina epóxica de secado rápido.

Tabla 13 *Costo de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1*

Piezas	Fabricación de la pieza	Acabado final	Costo final
Arete	\$ 390,000		
Collar	\$ 300,000	\$ 80,000	\$ 1,120,000
Brazaletes	\$ 350,000		

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORÁNEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

103

Figura 67 *Poster de la colección Páramo de Santurbán Alternativa 1*



5.8.2 Colección Hormiga Culona Alternativa 2

Para la fabricación de la colección Hormiga culona se imprime el prototipo en resina de los aretes, dije y brazaletes para garantizar las medidas de cada una de las piezas; se fabrica la colección utilizando oro rosado (45% de oro puro, 20% cobre y 5% plata) para la estructura de las piezas y cobre para las partes que van a tener acabado con pátina.

Tabla 14 Costo de la colección Hormiga Culona Alternativa 2

Piezas	Fabricación de la pieza	Acabado final	Costo final
Arete	\$ 300,000		
Collar	\$ 360,000	\$ 80,000	\$ 1,240,000
Brazaletes	\$ 500,000		

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

105

Figura 68 *Poster de la colección Hormiga Culona Alternativa 2*



5.8.3 Colección de Cañón del Chicamocha Alternativa 1

Para la fabricación de la colección Cañón del Chicamocha se imprime el prototipo en resina de los aretes, dije y brazalete para garantizar las medidas de cada una de las piezas; se fabrica con oro ley 750 y el acabado se hace a mano por las diseñadoras con resina epóxica de secado rápido.

Tabla 15 Costo de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión A)

Piezas	Fabricación de la pieza	Acabado final	Costo final
Arete	\$ 600.000		
Collar	\$ 850.000	\$ 100,000	\$ 2,250,000
Brazalete	\$ 700,000		

Figura 69 *Poster de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión A)*



COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

108

Se propone para la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 realizar una Versión 2 donde se aplique una pátina como acabado artesanal siendo elegida la pátina usada en la segunda alternativa con mayor puntaje. En esta versión se disminuye el costo de fabricación debido a que se incluye el uso de un material más económico que permite la obtención de la pátina

Para la fabricación de la colección Cañón del Chicamocha se imprime el prototipo en resina del arete, dije y brazalete para garantizar las medidas de cada una de las piezas; se fabrica con oro ley 750 y latón para las partes que van a tener acabado con pátina.

Tabla 16 *Costo de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión B)*

Piezas	Fabricación de la pieza	Acabado final	Costo final
Arete	\$ 300.000		
Collar	\$ 600.000	\$ 100,000	\$ 1,500,000
Brazalete	\$ 500.000		

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORÁNEA QUE COMBINAN EL DISEÑO PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

109

Figura 70 *Poster de la colección Cañón del Chicamocha Alternativa 1 (Versión B)*



COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

110

Teniendo en cuenta la información anterior correspondiente al costo de fabricación de las piezas de las tres colecciones, se procede a realizar un análisis detallado de la cantidad de materia prima ya que en los requerimientos ubicados en el Apéndice C. se especifica que las colecciones deben cumplir con un porcentaje mínimo el cual debe oscilar entre el 60 y 70% en oro y/o plata.

Tabla 17 Comparación de porcentajes

Colección	Peso (gr)			Metal usado en la colección	Material utilizado en la colección (%)	Costo final
	Aretes	Collar	Brazaletes			
Páramo de Santurbán	13,26	37,28	51,29	Plata ley 925	100	\$ 1,120,000
Hormiga Culona	3,4	10,5	9,1	Oro ley 750	45	\$ 1,240,000
	4,2	18,2	10	Cobre	55	
Cañón del Chicamocha	11,26	25,06	38,97	Oro ley 750	30	\$ 1,500,000
	3,64	7,82	9,08	Latón	70	

Nota. En la tabla se registra el peso por pieza de cada colección, el material usado, el porcentaje utilizado del material en cada colección y el costo final, la tabla permite hacer una comparativa entre las colecciones seleccionadas.

Al realizar el análisis de la información anterior donde se muestra la cantidad de metal precioso utilizado y el costo de cada una de las colecciones se selecciona a criterio de las diseñadoras la colección que cumpla con características de viabilidad de costos, para así fabricar

la colección completa con una pieza en material final. Se concluye con la selección de la colección Páramo de Santurbán la cual se fabrica en su totalidad de material precioso, plata ley 925.

5.9 Fabricación de los Aretes de la Colección Páramo de Santurbán

En este apartado se describe y ejemplifica el paso a paso de cómo se fabricó los aretes de la Colección Páramo de Santurbán.

5.9.1 Modelo Impreso en Resina

Para la impresión 3D se utiliza el modelo realizado en el programa Grasshopper previamente corregido, la impresión se hace con resina para joyería y con calidad de impresión de 0,003 (distancia máxima de borde a superficie) teniendo en cuenta que el modelo se va a usar para hacer el molde en caucho con el cual se va a replicar las piezas. Por sus dimensiones, material y calidad de impresión el proceso tarda de 3 a 5 horas.

Figura 71 Modelos de los aretes en resina



5.9.2 Elaboración del Molde en Caucho y Replica del Modelo en cera

Se usa uno de los modelos de los aretes para elaborar el molde, iniciando con la adición de varias capas de caucho o goma maleable calculando cubrir la mitad de un marco metálico, sobre la cual se superpone el modelo y se tapa con más capas de caucho. Seguidamente se realiza el proceso de vulcanización, en el cual se usa una prensa de calor que comprime las capas de caucho

durante 30 a 40 minutos logrando sacar un molde sólido y resistente, al completar el proceso el molde se corta por la mitad desde la colada, orificio por donde se vacía la cera. Finalmente, con el molde en goma se hacen dos piezas en cera para la elaboración del molde de yeso.

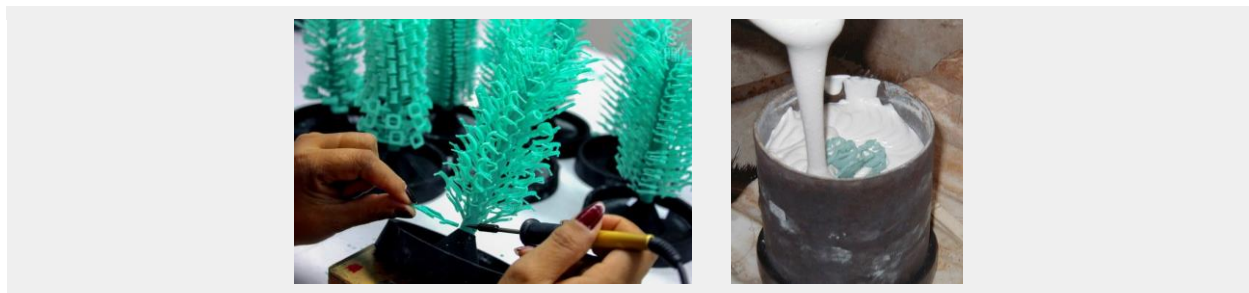
Figura 72 *Molde en caucho y replicas en cera del par de aretes*



5.9.3 *Elaboración del molde en yeso*

A las réplicas del modelo en cera se le agrega bebedores y se conectan a una base creando una estructura en forma de árbol, estos caminos permiten que la cera fundida salga y que el metal fundido entre al molde de yeso. Seguidamente el árbol se ubica dentro de un contenedor y se reviste con yeso, el secado dura de 3 a 4 días. Una vez seco el molde se coloca boca abajo dentro de un horno para fundir la cera y dejar una cavidad en negativo.

Figura 73 *Árbol de piezas en cera y molde en yeso*



5.9.4 Proceso de Fundición

De manera simultánea se funde el material con el que se va a fabricar las piezas y se calienta el molde con el fin de reducir la diferencia de temperatura, al realizar estos procesos se vierte el metal fundido con precisión en la colada llenando las cavidades del molde.

Después de comprobar que el metal se ha enfriado, se humedece con un disolvente de yeso para obtener la fundición en bruto, finalmente, los bebedores se cortan separando las piezas del árbol metálico.

Figura 74 *Proceso de fundición del metal*



5.9.5 Detalles finales y Acabado de la pieza

Las piezas separadas se lijan eliminando las rebabas de los bebedores y se les suelda el gancho armando en su totalidad los aretes, para el acabado final se prepara la resina de secado rápido con el pigmento azul y se aplica con un elemento puntiagudo la resina azul en los huecos voronoi, finalmente se lija los excesos y se pule toda la pieza dejando un acabado brillante.

Figura 75 Aretes con acabados finales



5.10 Validación

Al completar el proceso de verificación de las piezas se realizan las validaciones en dos fases, en la primera se valida con los usuarios que las piezas de la colección Páramo de Santurbán cumplan con los requerimientos de uso, función y formal con los cuales se evalúa la comodidad, calidad y versatilidad de la colección, para la segunda fase se valida en qué medida el uso del diseño paramétrico permite aportar un valor diferenciador a la joyería santandereana.

5.10.1 Validación Colección Páramo de Santurbán

5.10.1.1 Protocolo. La validación de la colección “Amanecerá y veremos” está centrada en la usabilidad de las piezas, a modo de resumen en la Tabla 18. se define el procedimiento, la unidad experimental y variables para analizar.

Tabla 18 *Protocolo prueba de validación con usuarios*

Procedimiento	Unidad experimental	Variable para analizar
Uso de la pieza:	Usuarios de 28 a 48 años:	Eficiencia:
1. Detallar la calidad de la pieza.	Mujeres que luzcan accesorios que les permita sentirse cómodas y verse bien en las diferentes actividades del día a día.	Tiempo mínimo que demora el usuario poniéndose la colección
2. Usar cada una de las piezas.		Eficacia:
3. Evaluar la comodidad de la pieza.	Mujeres profesionales que les gusta arreglarse para ir a trabajar: se maquillan, se visten bien y utilizan joyas casuales que las haga ver elegantes y bien presentadas.	Número mínimo de intentos
4. Proponer situaciones donde se utilice las piezas.		Reacción:
		Medida en niveles de satisfacción

La unidad experimental fue escogida de acuerdo con las características mencionadas en el arquetipo, el cual ha sido desarrollado por medio de encuestas y establecido en el proyecto, la información completa se encuentra en Apéndice B. *Encuesta para la definición del cliente potencial* donde se describe el contexto al que las mujeres se enfrentan diariamente y el cómo usan las joyas de acuerdo con el vestuario.

Las variables para evaluar se detallan en la Tabla 19. en la cual se observa que herramientas de evaluación se utilizará en cada procedimiento, con su respectiva medición y valores esperados.

Tabla 19 Descripción de las variables

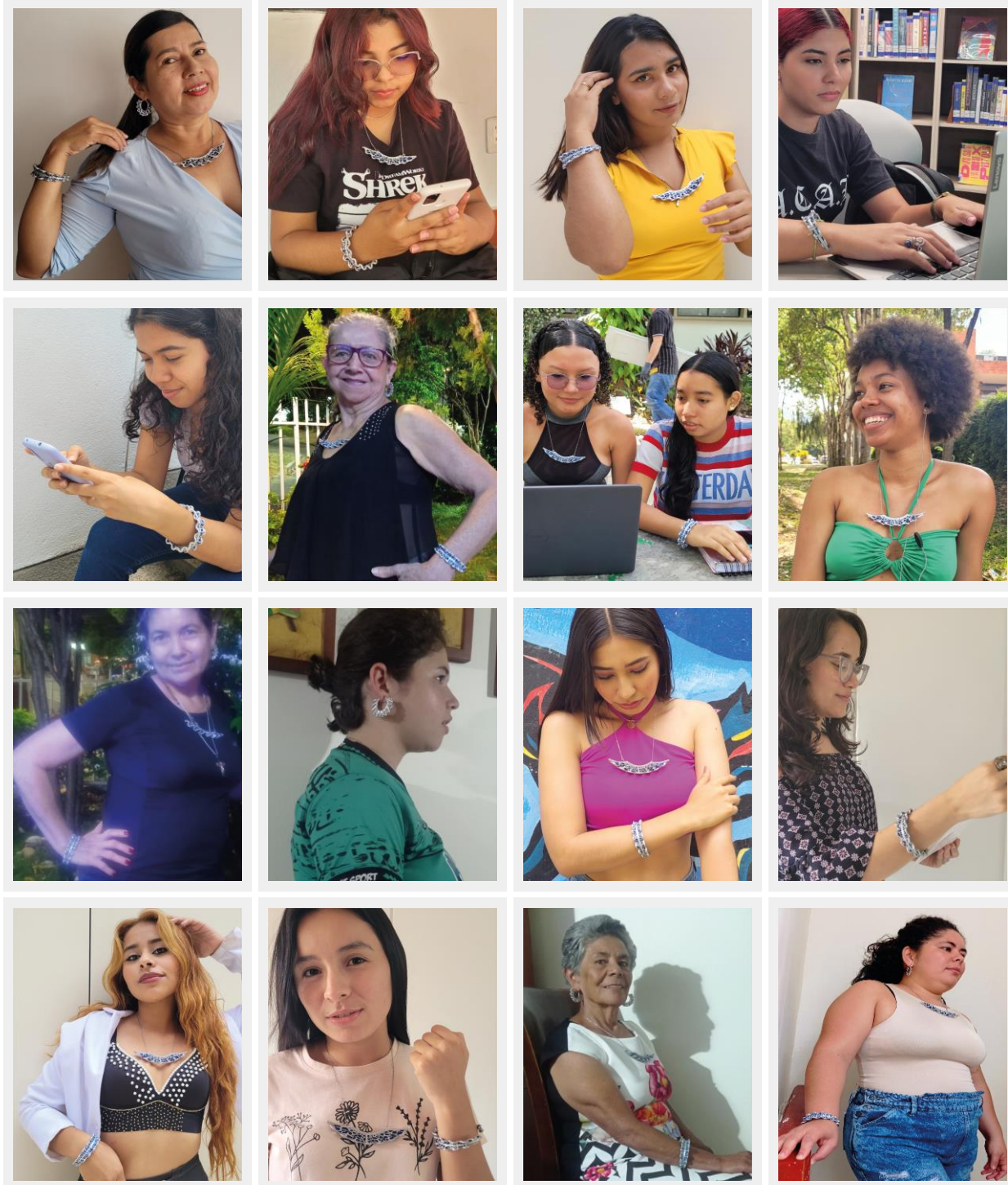
Prueba	Requerimiento	Herramienta para usar	Variable de respuesta	Valor esperado
Tiempo en completar la tarea	Demorar un determinado tiempo en colocar la pieza	Tabulación de datos por participante	Tiempo (min)	El tiempo no debe superar 1:30 minutos por colección
Cantidad de errores	Número máximo de intentos al realizar la correcta postura de la pieza	Tabulación de datos por participante	Número de errores	Los errores no pueden superar 2 oportunidades
Comodidad de la pieza	Demorar un determinado tiempo con la pieza	Prueba de uso con escala de Likert	Tiempo (min) 1: Muy incómodo 5: Muy cómodo	Rango mínimo 90% de comodidad
Confiabilidad de la pieza	Priorizar la calidad en la colección de joyería	Prueba de uso con escala de Likert	1: totalmente en desacuerdo 5: Totalmente de acuerdo	Rango mínimo 75% de confiabilidad
Versatilidad de la pieza	La colección debe transmitir que sirven para diferentes ocasiones	Prueba A/B	Número de selección mínimo 3	Mínimo 3 selecciones entre (informal y formal)

Para que el protocolo se lleve a cabo correctamente se realizaron dos encuestas en la plataforma de Google form para facilitar los datos a cada respuesta dada por los participantes. El protocolo en su totalidad y la tabulación de los resultados de cada evaluación de requerimientos se encuentra desde el Apéndice N al Q.

5.10.1.2 Desarrollo de Pruebas. Siguiendo el protocolo definido se realizan las pruebas con 20 participantes dedicadas a trabajar, estudiar y pasar tiempo en familia.

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

Figura 76 *Participantes durante las validaciones*



Cada participante duró aproximadamente 5 minutos realizando la prueba en la cual se utilizó las piezas de la colección “Amanecerá y veremos” y un celular para registrar las evidencias fotográficas, el tiempo de duración y realizar las encuestas en Google form.

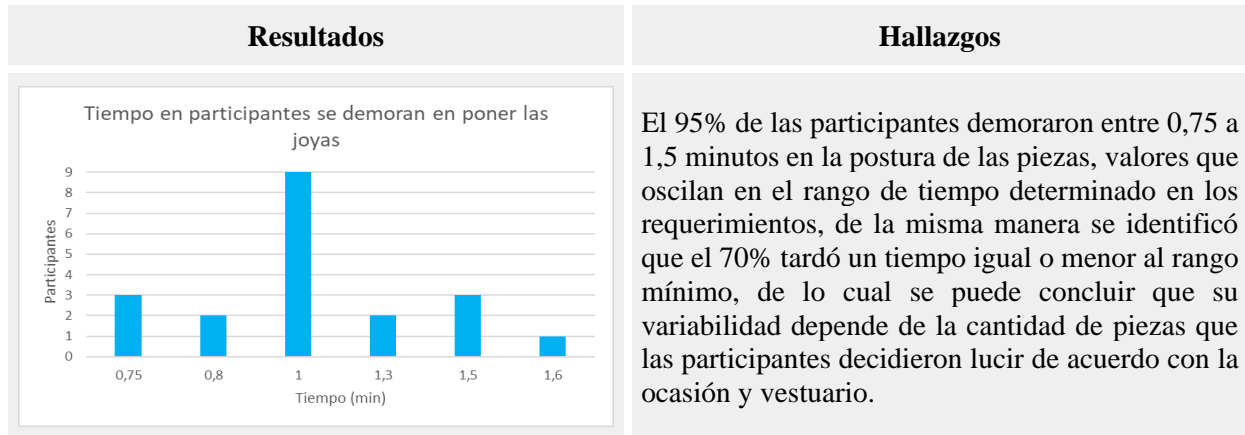
5.10.1.3 Análisis de los Resultados. Al terminar cada una de las pruebas, se da inicio a tabular las respuestas dadas por los participantes en una hoja de cálculo, donde se categorizan según el requerimiento con el fin de obtener hallazgos y conclusiones del proyecto. En el Apéndice N al Q se puede encontrar la hoja de cálculo con todos los datos.

5.10.1.3.1 Tiempo en Completar la Postura de la Pieza

Tabla 20 Descripción de la prueba Tiempo en completar la postura de la pieza

Prueba: Tiempo en completar la postura de la pieza	
Objetivo	Comprobar la eficiencia con la que los usuarios se colocan la pieza
Procedimiento	1. Coger la pieza 2. Poner la pieza (Cronometrar los pasos 1 y 2) 3. Responder la encuesta
Parte para evaluar	Aretes, collar y brazalete
Herramientas	Modelos, encuesta formulada en Google form, celular

Figura 77 Grafica de los resultados de la prueba Tiempo en completar la postura de la pieza

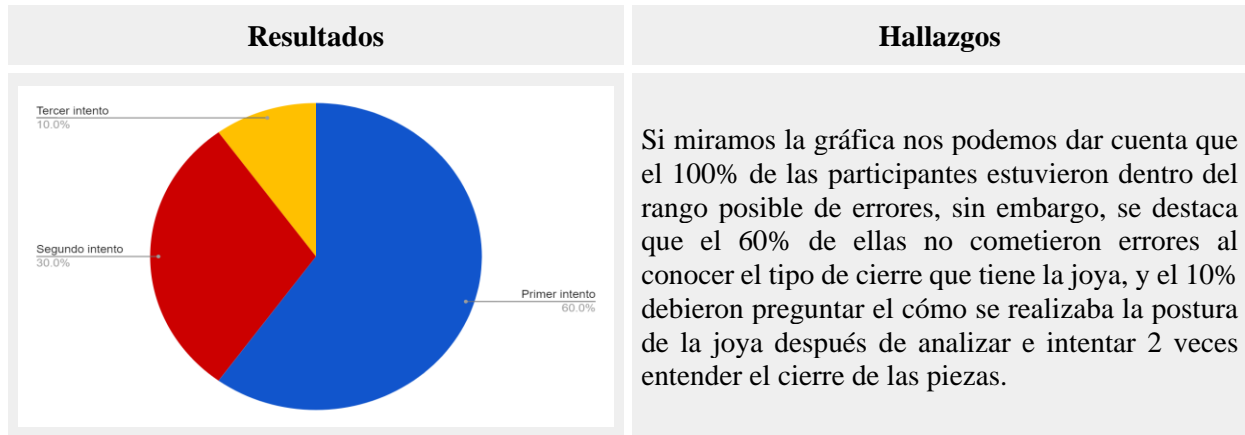


5.10.1.3.2 Número de Errores en la Postura de la Pieza

Tabla 21 Descripción de la prueba Número de errores en la postura de la pieza

Prueba: Número de errores en la postura de la pieza	
Objetivo	Comprobar el lenguaje de uso respecto a la postura de las piezas
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coger la pieza 2. Poner la pieza 3. Responder la encuesta
Parte para evaluar	Cierre de los aretes, cierre del collar y brazalete
Herramientas	Modelos, encuesta formulada en Google form, celular

Figura 78 Gráfica de los resultados de la prueba Número de errores en la postura de la pieza

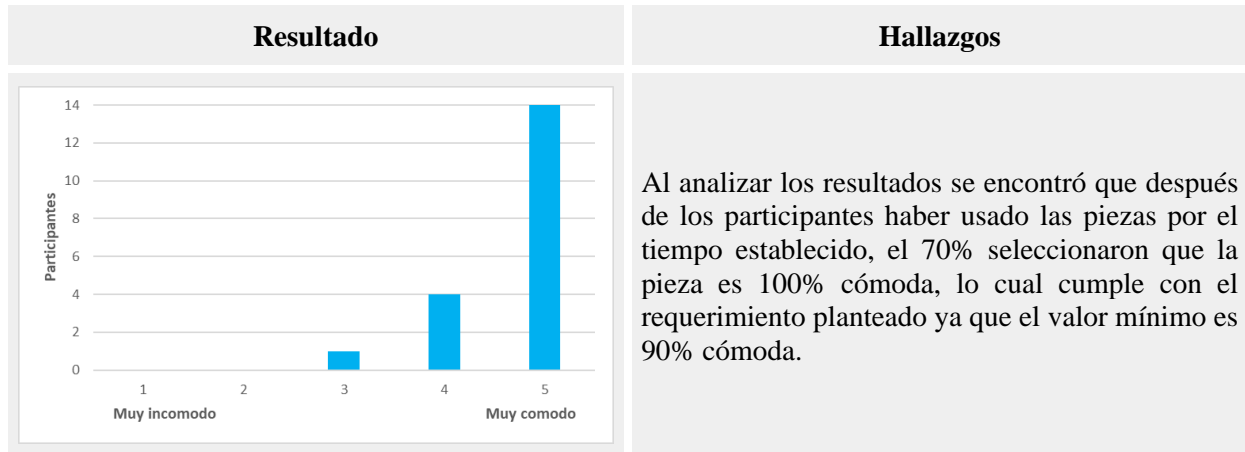


5.10.1.3.3 Comodidad de la Pieza

Tabla 22 Descripción de la prueba Comodidad de la pieza

Prueba: Comodidad de la pieza	
Objetivo	Comprobar la comodidad de la pieza al ser utilizada y analizar qué relación tiene con los hallazgos de las tablas anteriores
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coger la pieza 2. Poner la pieza 3. Utilizar la pieza por 1:30min 4. Responder la encuesta
Parte para evaluar	Aretes, collar y brazaletes
Herramientas	Modelos, encuesta formulada en Google form, celular

Figura 79 Grafica de los resultados de la prueba Comodidad de la pieza

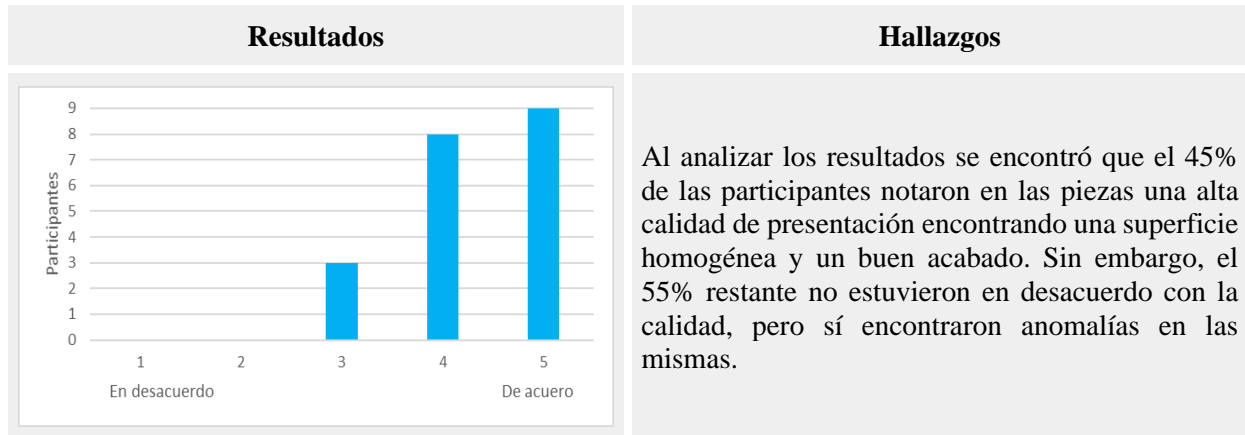


5.10.1.3.4 Calidad de la Pieza

Tabla 23 Descripción de la prueba Calidad de la pieza

Prueba: Calidad de la pieza	
Objetivo	Comprobar la calidad de la pieza al ser utilizada y observada por los usuarios
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coger la pieza 2. Observar la superficie y acabado 3. Responder la encuesta
Parte para evaluar	Aretes, collar y brazaletes
Herramientas	Modelos, encuesta formulada en Google form, celular

Figura 80 Grafica de los resultados de la prueba Calidad de la pieza



5.10.1.3.5 Versatilidad de la pieza

Tabla 24 Descripción de la prueba Versatilidad de la pieza

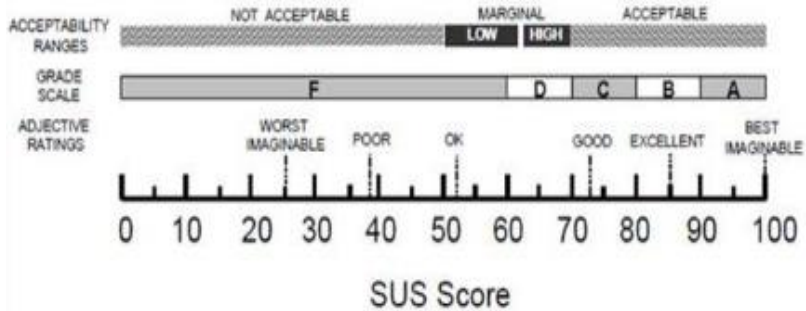
Prueba: Versatilidad de la pieza	
Objetivo	Comprobar la versatilidad en los usos que los usuarios le darían a la pieza
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar la pieza 2. El usuario debe proponer en qué ocasiones usar la pieza
Parte para evaluar	Aretes, collar y brazalete
Herramientas	Modelos, encuesta formulada en Google form

Figura 81 Grafica de los resultados de la prueba Versatilidad de la pieza

Resultados	Hallazgos						
 <p>A pie chart with two segments: a red segment representing 55.0% and a blue segment representing 45.0%. Labels with leader lines point to each segment: 'Joyas contemporaneas 55.0%' and 'Joyas tradicionales 45.0%'.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Joyas contemporaneas</td><td>55.0%</td></tr><tr><td>Joyas tradicionales</td><td>45.0%</td></tr></tbody></table>	Categoría	Porcentaje	Joyas contemporaneas	55.0%	Joyas tradicionales	45.0%	<p>Joyas para ir al trabajo</p> <p>De la primera gráfica “Joyas para ir a trabajar” podemos identificar que el 55% de las participantes usaron la colección de páramo, para ir a sus trabajos, pero también podemos destacar que con una diferencia del 10% las participantes prefieren la joyería que se encuentra en el mercado santandereano actual.</p>
Categoría	Porcentaje						
Joyas contemporaneas	55.0%						
Joyas tradicionales	45.0%						
 <p>A pie chart with two segments: a large blue segment representing 90.0% and a small red segment representing 10.0%. Labels with leader lines point to each segment: 'Joyas contempor... 90.0%' and 'Joyas tradicionales 10.0%'.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Joyas contempor...</td><td>90.0%</td></tr><tr><td>Joyas tradicionales</td><td>10.0%</td></tr></tbody></table>	Categoría	Porcentaje	Joyas contempor...	90.0%	Joyas tradicionales	10.0%	<p>Joyas para ir a cenar</p> <p>A diferencia de la gráfica anterior, aquí podemos identificar que el 90% de las participantes prefieren nuevas propuestas en el mercado de la joyería, la cual les permite destacar su estilo al momento de ir a restaurantes o sitios de reuniones formales</p>
Categoría	Porcentaje						
Joyas contempor...	90.0%						
Joyas tradicionales	10.0%						
 <p>A pie chart with two segments: a blue segment representing 65.0% and a red segment representing 35.0%. Labels with leader lines point to each segment: 'Joyas contempor... 65.0%' and 'Joyas tradicionales 35.0%'.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Joyas contempor...</td><td>65.0%</td></tr><tr><td>Joyas tradicionales</td><td>35.0%</td></tr></tbody></table>	Categoría	Porcentaje	Joyas contempor...	65.0%	Joyas tradicionales	35.0%	<p>Joyas para ir a celebraciones</p> <p>Al escoger joyas para ir a celebraciones, las participantes son muy selectivas ya que podemos identificar que, aunque existe una inclinación por colecciones que hagan diferencia en el mercado con un 65% elección, también podemos ver que las piezas tradicionales obtuvieron un valor superior a la mitad del porcentaje dado a la colección “Amanecerá y veremos”.</p>
Categoría	Porcentaje						
Joyas contempor...	65.0%						
Joyas tradicionales	35.0%						

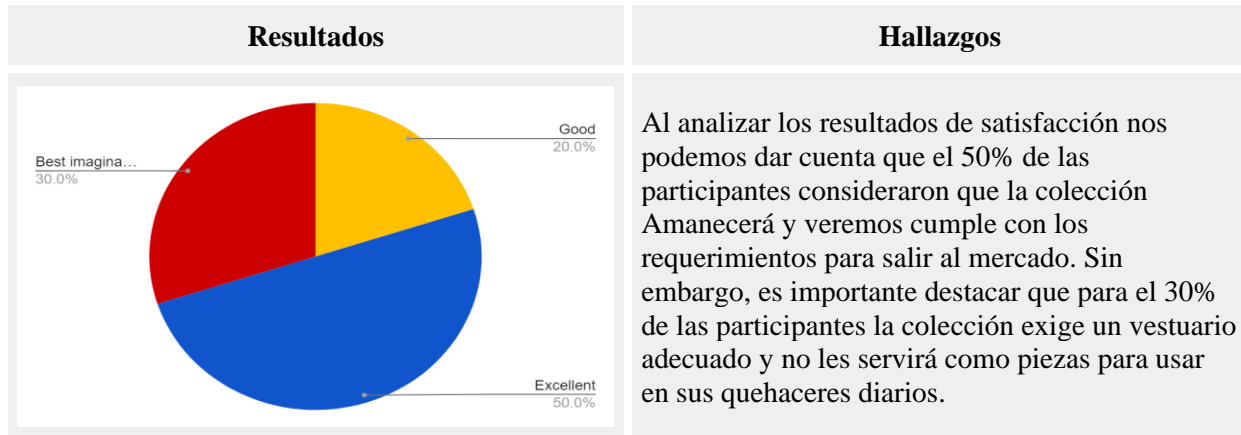
5.10.1.3.6 Escala SUS de la pieza

Tabla 25 Descripción de la prueba Escala SUS de la pieza

Prueba: Escala SUS de la pieza	
Objetivo	<p>Medir si la colección es aceptada por los usuarios</p> <p>Se realiza encuesta de “escala SUS planteado por John Brooke en 1995. cuyos resultados se interpretan según el puntaje como se ve en la siguiente figura”.^a</p>
Procedimiento	 <p>The diagram illustrates the SUS scale from 0 to 100. It is divided into three main sections: 'NOT ACCEPTABLE' (0-59), 'MARGINAL' (60-69), and 'ACCEPTABLE' (70-100). The 'MARGINAL' section is further divided into 'LOW' (60-64) and 'HIGH' (65-69). The 'ACCEPTABLE' section is divided into 'A' (70-79), 'B' (80-89), 'C' (90-94), and 'D' (95-100). The 'GRADE SCALE' is represented by a bar with segments for F, D, C, B, and A. The 'ADJECTIVE RATINGS' are: WORST IMAGINABLE (0-19), POOR (20-39), OK (40-59), GOOD (60-79), EXCELLENT (80-94), and BEST IMAGINABLE (95-100).</p>
Parte para evaluar	Colección (Aretes, collar y brazalete)
Herramientas	Escala SUS

Nota. ^a Brooke, J. (2013). *SUS: a retrospective*. *Journal of Usability Studies*, 8(2),29–40, https://www.researchgate.net/profile/John-Brooke-6/publication/285811057_SUS_a_retrospective/links/5ee5c4a792851ce9e7e38a75/SUS-a-retrospective.pdf

Figura 82 Grafica de los resultados de la prueba Escala SUS de la pieza



5.10.2 Validación Métodos de Modelado


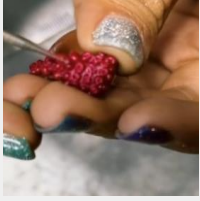
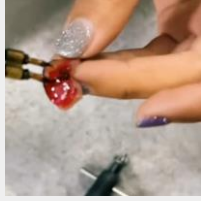

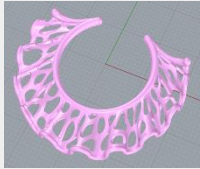
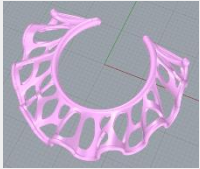

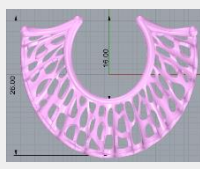
5.10.2.1 Protocolo. La validación con joyeros consiste en comparar el tiempo que tarda el joyero en realizar variaciones o modificaciones a una pieza utilizando el proceso tradicional y el tiempo que se necesita para modificar una pieza por medio del modelado 3D en el programa Grasshopper, para medir que método garantiza una mayor optimización del proceso al ofrecer variación de diseños a los usuarios.

Tabla 26 Protocolo prueba de validación con joyeros

Procedimiento	Unidad experimental	Variable para analizar
<p>Tiempo promedio</p> <p>1. Definir las modificaciones en las dimensiones de una sola pieza.</p> <p>2. Realizar las modificaciones.</p> <p>3. Presentación de variaciones.</p>	<p>Joyeros Joyeros del sector.</p> <p>Propuesta La colección amanecerá y veremos.</p>	<p>Eficiencia Tiempo mínimo que demora en realizar modificaciones o variaciones de una pieza.</p>

5.10.2.2 Desarrollo de Pruebas. Siguiendo el protocolo definido se aplica una encuesta en Google forms a 14 joyeros de la región, la encuesta se encuentra en el Apéndice R, y se realiza la prueba en la que se mide el tiempo que toma realizar variaciones de forma, calibre y tamaño de un modelo.

Figura 83 Prueba de variaciones de forma, calibre y tamaño

Método	Pieza original	Modificaciones				Tiempo
Tradicional					12 horas	
	Anillo de 2 piezas hecho en cera	Anillo de 2 piezas lisas, con modificaciones en la superficie y tamaño.				
Modelado 3D con Grasshopper					10 min	
	Arete con 21 curvas y 60 celdas voronoi	Arete colección Paramo de Santurbán, con modificaciones en la forma, calibre y tamaño.				

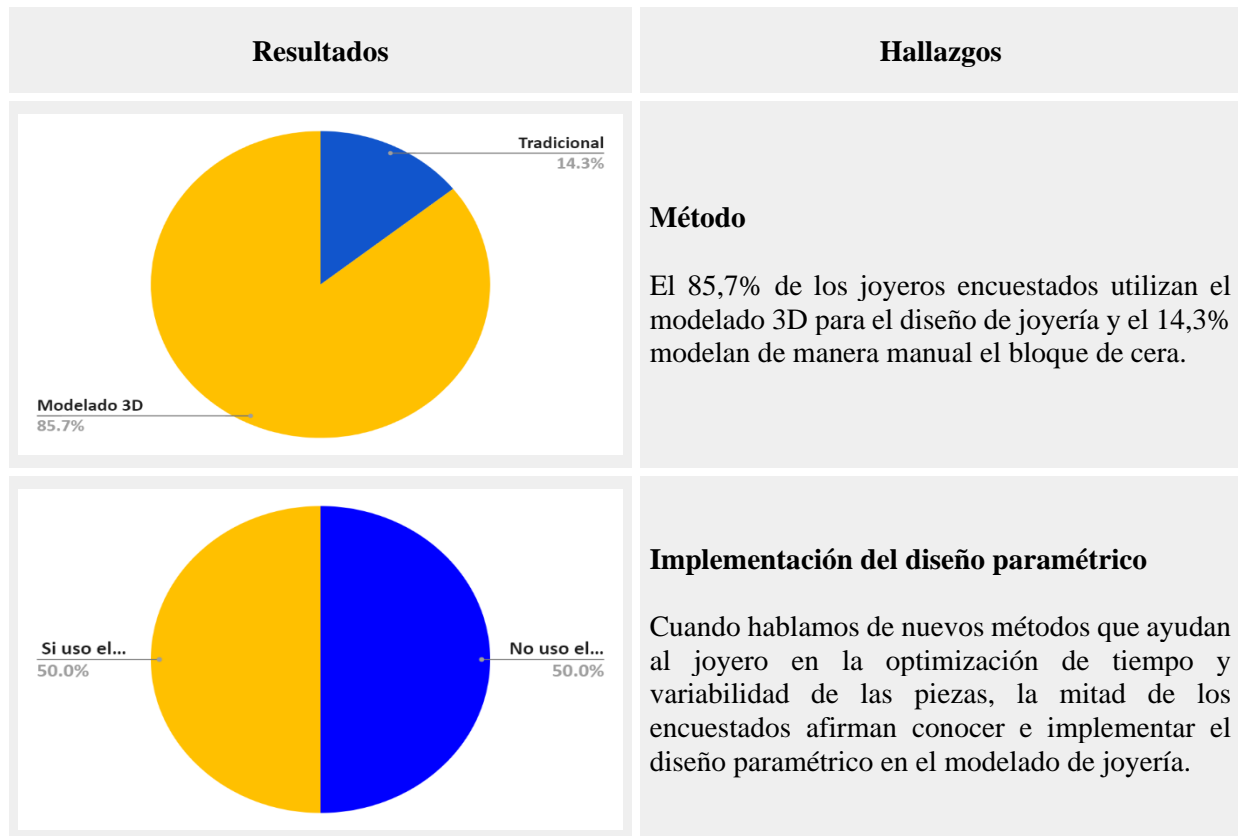
5.10.2.3 Análisis de los Resultados. Al terminar la prueba se analiza el conocimiento de los joyeros sobre las nuevas tecnologías y la eficiencia con la que realizan modificaciones a una pieza.

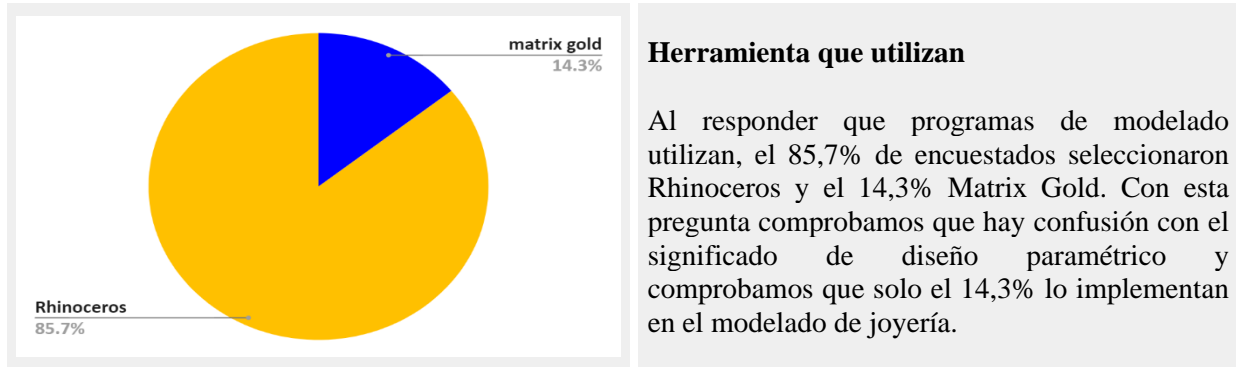
5.10.2.3.1 Conocimiento Sobre Modelado 3D para Joyería

Tabla 27 Descripción de la prueba de Conocimiento sobre modelado 3D para joyería

Prueba: Conocimiento sobre modelado 3D para joyería	
Objetivo	Descubrir qué saben los joyeros sobre el modelado 3D y el diseño paramétrico.
Procedimiento	Se realiza una encuesta con preguntas de selección múltiple en las cuales los participantes responden según su criterio.
Parte para evaluar	Método que usa el encuestado para modelar joyería.
Herramientas	Encuesta

Figura 84 Gráfica de los resultados de la prueba Conocimiento sobre modelado 3D para joyería





Herramienta que utilizan

Al responder que programas de modelado utilizan, el 85,7% de encuestados seleccionaron Rhinoceros y el 14,3% Matrix Gold. Con esta pregunta comprobamos que hay confusión con el significado de diseño paramétrico y comprobamos que solo el 14,3% lo implementan en el modelado de joyería.

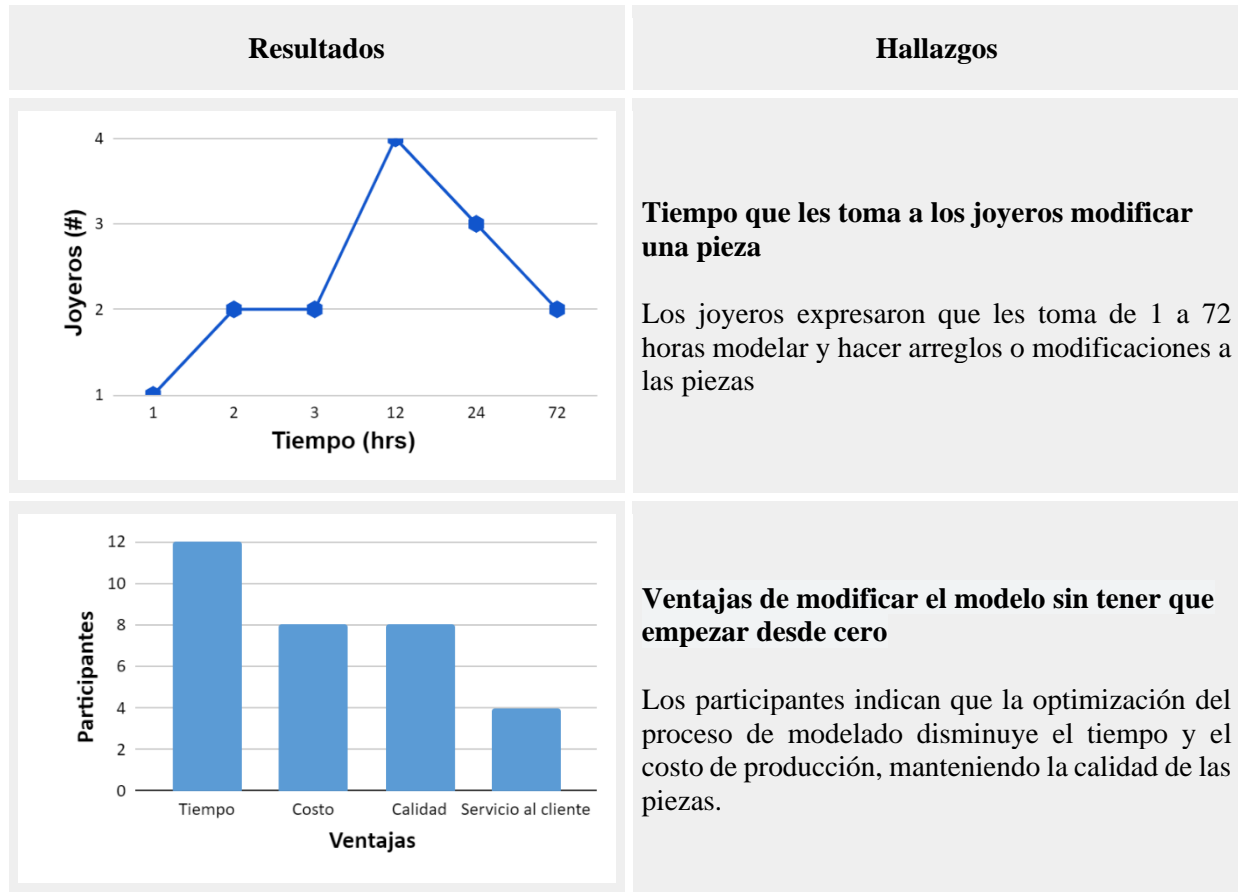
De lo anterior se concluye que para la fabricación de joyería santandereana se utiliza el modelado y la impresión 3D, importante avance tecnológico que no se pasa por alto y es usado cada vez más en el sector. Aun así, es cierto que falta bastante conocimiento respecto a nuevas propuestas como el diseño paramétrico y programas de fácil acceso que permita facilitar el proceso de modelado.

5.10.2.3.2 Prueba de Eficiencia

Tabla 28 Descripción de la prueba Eficiencia en la modificación de una pieza

Prueba: Eficiencia en la modificación de una pieza	
Objetivo	Comparar el tiempo que los participantes duran en modificar una pieza utilizando el método tradicional con el tiempo que toma hacer modificaciones desde el programa Grasshopper.
Procedimiento	Se realiza una encuesta con preguntas abiertas donde los joyeros responden el tiempo que demoran en el desarrollo de las modificaciones.
Parte para evaluar	Modificaciones en la forma, calibre y tamaño de una pieza.
Herramientas	Encuesta

Figura 85 Gráfica de los resultados de la prueba Eficiencia en la modificación de una pieza



De la prueba de variaciones de forma, calibre y tamaño en la Figura 83. y los resultados obtenidos en la Figura 85. Se observa que con el método tradicional se necesitan horas para realizar cambios o modificaciones a comparación del modelado 3D en Grasshopper para el que se necesita minutos. Esta reducción de tiempo, a su vez, disminuye el costo, mantiene o mejora la calidad de los modelos, y mejora el servicio al cliente al poder realizar cambios en poco tiempo. Por lo que se puede decir que el diseño paramétrico garantiza una mayor optimización en el proceso de modelado, comparado al método tradicional y al modelado 3D.

5.10.3 Recomendaciones y Conclusiones de prueba de Validación

Al finalizar las validaciones de la colección las participantes nos comentaban que el conjunto de piezas que la conforman es elegante y llamativo lo cual impide el uso de la colección si no se tiene un vestuario específico o adecuado, esta percepción los lleva a pensar que no es de uso diario y que de realizar la inversión sería únicamente para ocasiones especiales.

Durante la prueba el 80% de los participantes se vieron interesados por el material del cual está compuesta las piezas de la colección ya que se les hizo raro o diferente el que se aplicara esmalte a una pieza de joyería, por lo general este tipo de acabados se ve en bisutería y en cierta forma el aplicarlo a la joyería les atrajo.

En conclusión, los participantes sintieron curiosidad por el proceso de diseño, el proceso de fabricación, el material usado y el acabado de las piezas, lo cual les hizo replantearse las posibilidades de adquirir joyería diferente a la que suele usar. Respecto al diseño de las piezas se determina que la colección es percibida con un estilo muy elegante, a pasar de esto se destaca el intento de usar tres, dos o una pieza de la colección dependiendo de la actividad y la ropa utilizada.

5.11 Entregables

Se elabora la colección de Páramo de Santurbán completa, un par de aretes, un collar y un brazalete, de los cuales se escogieron los aretes para realizar en el material y acabado original. A continuación, se mostrará por medio de imágenes las piezas.

Figura 86 *Colección completa con una pieza en material final*



Uno de los referentes más importantes de Santander es el Páramo de Santurbán, ya que abastece con agua a 15 municipios de la región de Santander. Esta reserva natural es un macizo montañoso en el que se admiran formaciones rocosas, tonalidades grises, alfombras de musgos y plantas específicas de clima frío que bordean las múltiples lagunas. Al realizar la colección “Amanecerá y veremos” nos centramos en reflejar los adjetivos natural, ancestral y exótico que caracteriza al páramo, por medio de la forma, color y acabado de las piezas. Resultando de estos atributos, una forma base en ondas y calados en voronoi, algunos rellenos con esmalte azul, simulando las lagunas que adornan y destacan en el ecosistema.

6. Conclusiones

El proceso de investigación fue un constante aprendizaje del patrimonio material e inmaterial de la región, donde contribuyó con su conocimiento, expertos en turismo, nativos de la región y visitantes, permitiéndonos conocer, escuchar y experimentar todo aquello que caracteriza a Santander, con el propósito de identificar los referentes Páramo de Santurbán, Hormiga Culona y Cañón del Chicamocha que fueron la fuente de inspiración para desarrollar las colecciones, basándose en sus colores y formas.

Para el desarrollo del proyecto se puso en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera Diseño industrial usando la metodología Design Thinking con un enfoque en la joyería contemporánea.

Se comprueba que al implementar el uso del diseño paramétrico e impresión 3D en la fabricación de joyería se reduce el tiempo en la elaboración, corrección e impresión de modelos, y se minimiza esfuerzos en la mano de obra.

Las coloraciones obtenidas sobre el metal es el resultado de un complejo proceso experimental en el que no se controla los resultados obtenidos, por lo que se obtienen colecciones con acabados únicos que de manera creativa aportan estética y originalidad a la joyería.

Al evaluar las 3 colecciones conformadas por arete, collar y brazaletes, con usuarios se identificó un patrón de gusto tanto en el diseño como en el acabado de las piezas, sumado al cumplimiento de requerimientos, estos resultados nos permitieron seleccionar la colección a fabricar “Amanecerá y veremos” de la cual se hace el collar y brazaletes en un material alterno, y los aretes por ser la pieza más utilizado por los usuarios se realizó en plata con acabado en esmalte.

7. Recomendaciones

Adquirir mayor conocimiento para tener control sobre las pátinas abarcando el proceso y teniendo en cuenta los materiales a partir de aleaciones, con el fin de ampliar el espectro de las coloraciones y obtener más resultados sobre metales nobles (oro y plata).

Incluir el uso de esmaltes en polvo (cristales) para añadir más técnicas y resultados de acabados con este material.

Centrar el proyecto a la personalización de joyería mediante la variación formal y la presentación de un catálogo de acabados para su selección, desde un aplicativo móvil y/o página web.

Investigar la viabilidad y alcance de la realidad aumentada para que los usuarios puedan, en un entorno real, usar los modelos digitales.

Referencia Bibliográficas

- Artesanías de Colombia, Orfebrería, https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/GlosarioPalabra/orfebreria_127
- Autodesk. *¿Qué es la impresión 3D? | Programa para impresora 3D.* (s.f.). Autodesk. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- Barrera, G. & Quiñones, A., (2006), *Conspirando con los artesanos: Crítica y propuesta al diseño en la artesanía*, Pontificia Universidad Javeriana, Capítulo 2: Diseño en la artesanía.
- Benavides, E. O. (2002). Programa Nacional de Joyería y Orfebrería. 2.001-2002. Gestión para la comercialización de productos de joyería.
- Berchon, & Luyt, B. (2016). *La impresión 3D*. Editorial Gustavo
- Brooke, J. (2013). *SUS: a retrospective*. *Journal of Usability Studies*, 8(2),29–40. https://www.researchgate.net/profile/John-Brooke-6/publication/285811057_SUS_a_retrospective/links/5ee5c4a792851ce9e7e38a75/SUS-a-retrospective.pdf
- Castillo, J.M, (2021). *Centro industrial del diseño y la manufactura*, SENA <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7251>
- CENDAR. *La artesanía y su clasificación*. Artesanía de Colombia. http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/la-artesania-y-su-clasificacion_82#:~:text=Artesan%C3%ADa%20contempor%C3%A1nea%20o%20neoartesan%C3%ADa,-

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

135

Producción de objetos que se caracterizan por realizar una, calidad y originalidad del estilo.

CENDAR. *La artesanía y su clasificación.* Artesanía de Colombia.
http://www.artesaniadescolombia.com.co/PortalAC/C_sector/la-artesania-y-su-clasificacion_82#:~:text=La%20artesan%C3%ADa%20se%20puede%20clasificar,popular%20artesan%C3%ADa%20contempor%C3%A1nea%20o%20neoartesan%C3%ADa.

Collins, N. (2009). *Gallerix. Arte de Joyería: historia.* Técnicas de orfebrería.
<https://es.gallerix.ru/pedia/jewellery-art/>

Cómo esmaltar joyas. (2020). Cooksongold. <https://www.cooksongold.es/blog/como-esmaltar-joyas/>

Compite 360, (2021), Cámara de comercio de Bucaramanga, Compite 360,
<https://www.compite360.com/>

Cuidados del Producto. (2017). Gante, fabricante de joyería de plata 925 - Gante, fabricante de joyería de plata 925. <https://joyeriagante.com/pages/cuidados-del-producto>

De SURGENIA (2009). *Guía para diseñadores y prescriptores de joyería.*
https://issuu.com/blancanieves/docs/gu__a_de_t__cnicas_y_materiales

DNP- Agenda Interna, (2007), Documento regional de Santander, Agenda interna para la productividad y la competitividad,
[/https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/SANTANDER-AGENDAINTERNA-PARA-LA-PRODUCTIVIDAD-Y-COMPETITIVIDAD.pdf](https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/SANTANDER-AGENDAINTERNA-PARA-LA-PRODUCTIVIDAD-Y-COMPETITIVIDAD.pdf)

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

136

DNP-Agenda Interna, (2007). *Agenda interna para la productividad y la competitividad:*
Economía.uniandes
<https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/SANTANDER-AGENDA-INTERNA-PARA-LA-PRODUCTIVIDAD-Y-COMPETITIVIDAD.pdf>

FAEDIS. (2017). FAEDIS.
http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9hZG1pbmlzdHJhY2l9b9l9bXByZXNhcy9zZW1pbmFyaW9fZGVfZ3JhZG8vdW5pZGFkXzEv#slide_1

FENALCO. (2015). *Análisis económico sobre el sector joyero en Colombia.* Estudió
joyería Fenalco. <https://drive.google.com/file/d/1FyJ59qsn5-Gi1b49MW0b6BbxcVzMKKyS/view>

Gasca, R.J & Zaragoza R. (2014). *Designpedia 80 herramientas para construir tus ideas.*
https://books.google.com.co/books?id=Pdf-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Gaudí, A. (s.f.). *El diseño paramétrico como herramienta creativa en diseño de producto.*
Técnica Industrial. <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/119/7636/a7636.pdf>

Glade, A. (2013). *El arte de la orfebrería.* Blogger.
<https://orfebrealejandroglade.blogspot.com/2013/08/el-esmalte-en-la-joyeria.html>

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

137

Guillén, A. (2015). *Producción de joyería fabricada mediante impresión 3D*. Universidad Politécnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/57057>

Humberto, J. (s.f.). *El impacto de la impresión 3D en la joyería*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964501008/html/>

Kaled, M. A., & Tecnologías, N. (2016). Diseño Paramétrico. https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/archivos/4161.pdf.

La artesanía y su clasificación - Artesanías de Colombia. (s.f.). Artesanías de Colombia. http://www.artesantiasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/la-artesania-y-su-clasificacion_82

Laguado, L. A & Olivella L.E. (2015). *Diseño y fabricación de una colección de accesorios de joyería generada a partir de geometrías paramétricas: análisis formal de tres especies en vía de extinción*. UPB. <https://repository.upb.edu.co/browse?type=author&value=Laguado%20Villamizar,%20Luis%20Alberto4>

Legiscomex, (2007), Joyería y Bisutería en Colombia, https://www.legiscomex.com/bancomedios/documentos%20pdf/estudio_joyeriacol.pdf

Lekuona, A., Domínguez, M. Espinosa. M. (2021), El diseño paramétrico como herramienta creativa en diseño de producto, <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/119/7636/a7636.pdf>

LÓPEZ, A. (2021, Diciembre 17). *Colombia crece 3 puntos más que el resto del mundo en mercado de joyas*. Portafolio. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/colombia-crece-3-puntos-mas-que-el-resto-del-mundo-en-mercado-de-joyas-559733>

Los metales preciosos y no preciosos en la joyería. (2017, Octubre 2). Edgar Tica. <https://edgartica.com/blog/los-metales-preciosos-y-no-preciosos/>

Martínez, P., & Landim. D. (2019). Diseño y artesanado: una mirada contemporánea. *Revista de Arquitectura (Bogotá, Colombia)*, 22(1). <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.1975>

McNeel Robert y Associates. *Rhinoceros* (1992-2022). Rhino para joyería. <https://www.rhino3d.com/es/for/jewelry/>

Mojica, B. J. A., & Suárez, A. M. H. *El surgimiento de la industria moderna en Santander*. Variables que determinaron su desarrollo (c.1900–c. 1950).

Navarrete, S. (2014). Diseño paramétrico: El gran desafío del siglo XXI. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (49), 63-72.

OLIVELLA, S. (2012). Desarrollo de una colección de accesorios de joyería basada en estructuras naturales y generada a partir de geometrías paramétricas que se aplican a la manufactura industrial. *Proyecto de grado, UIS*. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/146807.pdf>

Ondarse, D. (2021, septiembre). *Oro: origen, usos, propiedades, aleaciones y características*. Enciclopedia Humanidades. <https://humanidades.com/oro/>

Oro (Au) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. (s.f.). Lenntech. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/au.htm#Nombre>

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

139

Ortiz, N.A. (2019). *Técnicas y procesos de acabado para la joyería y piezas elaboradas en metal. Artesanías de Colombia.*
<https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/handle/001/6508>

Perez, F. (2020, abril). *¿Cómo se hacen las joyas?.* Vogue.
<https://www.vogue.mx/moda/articulo/como-se-hacen-las-joyas>

Por Fernández, M. J. (2017, septiembre). *Metales preciosos I: conceptos básicos para entender su importancia.* Joyería Miguel. <https://joyeriamiguel.com/metales-preciosos-i-conceptos-basicos/>

Portafolio. (2020). *El limbo de la manufactura en Colombia.*
<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/el-limbo-de-la-manufactura-en-colombia-539742>

Productividad y la competitividad,
[/https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/SANTANDER-AGENDAINTERNA-PARA-LA-PRODUCTIVIDAD-Y-COMPETITIVIDAD.pdf](https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/SANTANDER-AGENDAINTERNA-PARA-LA-PRODUCTIVIDAD-Y-COMPETITIVIDAD.pdf)

Runfolá, M. (2015). Pátina. Promopress.

Ruscitti, A. F., Tapia, C., Piccirilli, J., Serra, M. F., & Rendtorff, N. M. (2021). Diseño paramétrico y producción por impresión 3D de una serie de UN.

SAAVEDRA, L. (2011). Diseño y construcción de una colección de accesorios de joyería conformada por tres líneas inspiradas en la biodiversidad colombiana referenciando la flora, fauna y etnia de nuestro país. Producto modalidad práctica empresarial en el centro de desarrollo productivo de joyería ante la necesidad de la comercializadora internacional Bucjoyas. *Proyecto de grado, UIS.*

COLECCIONES DE JOYERÍA CONTEMPORANEA QUE COMBINAN EL DISEÑO
PARAMÉTRICO Y TÉCNICAS DE ACABADO ARTESANAL.

140

Salcedo, D. (s.f.). *Colombia: Patrimonio Orfebre del Mundo*. Marca País Colombia.
<https://www.colombia.co/cultura-colombiana/colombia-patrimonio-orfebre-del-mundo/>

Santander competitivo, (2011), Aglomeración joyera de Santander, Comisión regional de
cométitividad, [/https://biblioteca-camaradirecta.hosted.exlibrisgroup.com/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/8IEJDJ2B864H9PF7QGPPGQ1MTLG719.pdf](https://biblioteca-camaradirecta.hosted.exlibrisgroup.com/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/8IEJDJ2B864H9PF7QGPPGQ1MTLG719.pdf)

Tipos de aleaciones: propiedades y usos. (2021, abril). Aceropedia.
<https://aceropedia.com/definicion/aleaciones/https://aceropedia.com/definicion/aleaciones/>

Villamizar, L. A. L., & Rodríguez, L. E. O. (2015). Diseño y manufactura de una colección
de accesorios de joyería generada a partir de geometrías paramétricas: análisis formal de tres
especies en vía de extinción. *IconoFacto*, 11(16), 213-227.