

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA EXPERIENCIA QUE EVIDENCIE EL
FENÓMENO DE LA CELDA HELE-SHAW POR MEDIO DE FLUIDOS DE
VISCOSIDADES Y COLORES DIFERENTES, PARA LA SALA FÍSICA VIVA DEL
PARQUE EXPLORA**

**ROXANA GONZALEZ MUNERA
ANDREA LINEROS CANDAMIL**

**UNIVERSIDAD EAFIT
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO
MEDELLIN
2008**

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA EXPERIENCIA QUE EVIDENCIE EL
FENÓMENO DE LA CELDA HELE-SHAW POR MEDIO DE FLUIDOS DE
VISCOSIDADES Y COLORES DIFERENTES, PARA LA SALA FÍSICA VIVA DEL
PARQUE EXPLORA

ROXANA GONZALEZ MUNERA
ANDREA LINEROS CANDAMIL

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero de Diseño de Producto

Asesor

ANDRES FELIPE GOEZ

Diseñador industrial

UNIVERSIDAD EAFIT
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO
MEDELLIN
2008

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado:

Firma del jurado:

Firma del jurado:

Medellín, Febrero 7 de 2008

Agradecemos a nuestras familias y a todas las personas que de una u otra forma nos han colaborado a lo largo de la carrera.
A los profesores y personas de los talleres que nos han formado
y a la Universidad EAFIT

*“El caos es solamente una condición
todavía no explorada por la mente
constructora – de – patrones
del hombre”*

J.J. Beljon

(La gramática del arte)

CONTENIDO

	Pag.
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.3. MARCO TEÓRICO	7
1.3.1. Un poco de historia	8
1.3.2. Fractales en la naturaleza	12
1.4. OBJETIVO PRINCIPAL	14
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.6. ALCANCE Y PRODUCTOS	15
1.7. METODOLOGÍA SUGERIDA	16
1.8. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO (PDS)	19
CAPITULO 2: ANÁLISIS	
2.1. EXPERIMENTACIÓN	23
2.1.1. Fluido	23
2.1.1.1 Glicerina teñida con anilina natural	24
2.1.1.2. Glicerina teñida + Aceite para motos	25
2.1.1.3. Gel	26
2.1.1.4. Gel + Glicerina teñida	27
2.1.1.5. Aceite para motos + Gel	28
2.1.1.6. Agua teñida + Glicerina	29
2.1.1.7. Conclusiones	30
2.1.2. Peso	31
2.1.2.1. 10 Kilos	31
2.1.2.2. 20 Kilos	32

2.1.2.3. 30 Kilos	33
2.1.2.4. 45 Kilos	34
2.1.2.5. 55 Kilos	35
2.1.2.6. 65 Kilos	36
2.1.2.7. 75 Kilos	37
2.2. ANÁLISIS DE USUARIO	38
2.3. ANÁLISIS DE ERGONOMÍA	41
CAPÍTULO 3: DISEÑO CONCEPTUAL	
3.1. CAJA NEGRA	44
3.2. ESTRUCTURA FUNCIONAL	44
3.3. MATRIZ MORFOLÓGICA	45
3.4. MATRIZ DE EVALUACIÓN	47
CAPITULO 4: ALFABETO VISUAL	
4.1. COLLAGE DE EMOCIONES	53
4.2. REFERENTES	54
CAPITULO 5: ALTERNATIVAS DE DISEÑO	
5.1. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	57
5.1.1. Alternativa 1	57
5.1.2. Alternativa 2	61
5.1.3. Alternativa 3	64
5.1.4. Alternativa 4	67
5.1.5. Alternativa 5	70
5.1.6. Alternativas de elementos de comunicación	73
Instrucciones de Uso	74
5.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	75
5.3. ALTERNATIVA FINAL	77

CAPITULO 6: CORPORIFICACIÓN

6.1. CARTAS DE PROCESOS	79
6.2. PLANOS DE ENSAMBLE	87
6.3. PLANOS DE DISEÑO	93
6.4. INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO	101

RESUMEN	102
----------------	-----

CONCLUSIONES	105
---------------------	-----

ANEXO: ENCUESTAS	106
-------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	111
---------------------	-----

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Matriz morfológica	46
Tabla 2. Matriz de evaluación	52
Tabla 3. Evaluación de alternativas	76

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Formación simple de Fractales	7
Figura 2. Formación por computador de fractales	7
Figura 3. Modelo matemático del crecimiento de tumores	12
Figura 4. Fractales en la naturaleza: Brócoli	12
Figura 5. Fractales en la naturaleza: Helecho	12
Figura 6. Fractales en la naturaleza: Copo de Nieve	13
Figura 7. Fractales en la naturaleza: Costa	13
Figura 8. Fractales en la naturaleza: Sistema circulatorio	13
Figura 9. Fractales en la naturaleza: Venas de las hojas	14
Figura 10. Experimento con glicerina teñida	24
Figura 11. Experimento con glicerina teñida	25
Figura 12. Experimento con glicerina teñida y aceite para motos	26
Figura 13. Experimento con glicerina teñida y aceite para motos	26
Figura 14. Experimento con gel	27
Figura 15. Experimento con gel de dos colores	27
Figura 16. Experimento con gel y glicerina teñida	28
Figura 17. Experimento con gel y glicerina teñida	28
Figura 18. Experimento con aceite para motos y gel	29
Figura 19. Experimento con aceite para motos y gel	29
Figura 20. Experimento con agua teñida y glicerina	30
Figura 21. Experimento con 10Kg	31
Figura 22. Resultado del experimento con 10Kg	32
Figura 23. Experimento con 20Kg	32
Figura 24. Experimento con 30Kg	33

Figura 25. Resultado del experimento con 30Kg	33
Figura 26. Experimento con usuario real de 45 kilos	34
Figura 27. Resultado del experimento con 45Kg	34
Figura 28. Experimento con usuario real de 55 kilos	35
Figura 29. Resultado del experimento con usuario real de 55 kilos	35
Figura 30. Experimento con usuario real de 65 kilos	36
Figura 31. Resultado del experimento con usuario real de 65 kilos	36
Figura 32. Experimento con usuario real de 75 kilos	37
Figura 33. Resultado del experimento con usuario real de 75 kilos	37
Figura 34. Collage de usuario	40
Figura 35. Análisis de Ergonomía: Escalón	41
Figura 36. Análisis de Ergonomía: Altura componentes	42
Figura 37. Análisis de Ergonomía: Altura general	42
Figura 38. Análisis de Ergonomía: Palancas	43
Figura 39. Caja Negra	44
Figura 40. Estructura Funcional	44
Figura 41. Collage de emociones	53
Figura 42. Tipos de corales	55
Figura 43. Collage de Referente	56
Figura 44. Render alternativa 1	58
Figura 45. Bocetos alternativa 1	59
Figura 46. Boceto con el usuario alternativa 1	60
Figura 47. Render alternativa 2	61
Figura 48. Bocetos alternativa 2	62
Figura 49. Boceto con el usuario alternativa 2	63
Figura 50. Render alternativa 3	64
Figura 51. Bocetos alternativa 3	65
Figura 52. Boceto con el usuario alternativa 3	66
Figura 53. Render alternativa 4	67
Figura 54. Bocetos alternativa 4	68

Figura 55. Boceto con el usuario alternativa 4	69
Figura 56. Render alternativa 5	70
Figura 57. Bocetos alternativa 5	71
Figura 58. Boceto con el usuario alternativa 5	72
Figura 59. Elemento de comunicación integrada a la experiencia	73
Figura 60. Elemento de comunicación: Tótem	73
Figura 61. Elemento de comunicación: Pared	73
Figura 62. Instrucciones de Uso	74
Figura 63. Render Final	78

GLOSARIO

ALGORITMO: (Quizá del lat. tardío **algotarismus*, y este abrev. del ár. clás. *ḥisābu lġubār*, cálculo mediante cifras arábigas). **m.** Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

ANATÓMICA: (Del lat. *anatomĭcus*, y este del gr. ἀνατομικός). **adj.** Perteneciente o relativo a la anatomía. || **2.** Dicho de un objeto: Construido para que se adapte o ajuste perfectamente al cuerpo humano o a alguna de sus partes. *Asientos anatómicos. Prendas anatómicas.*

ANTROPOMETRÍA: (De *antropo-* y *-metría*). **f.** Tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano.

BOCETO: (Del it. *bozzetto*). **m.** Proyecto o apunte general previo a la ejecución de una obra artística.

CELENTÉREO: (Del gr. κοῖλος, hueco, y ἔντερον, intestino). **adj. Zool.** Se dice de los animales con simetría radiada, cuyo cuerpo presenta una cavidad única gastrovascular, que comunica con el exterior por un orificio que es a la vez boca y ano; p. ej., los pólipos, las medusas y los ctenóforos. U. t. c. s.

CNIDARIO: (Del gr. κνίδη, ortiga). **adj. Zool.** Se dice de ciertos celentéreos provistos de células urticantes; p. ej., los pólipos y las medusas. U. t. c. s. || **2. m. pl. Zool.** Grupo de estos animales, que salvo rara excepción, como la hidra de las

aguas dulces, son marinos, de vida planctónica, como las medusas, o viven fijos en el fondo, como las actinias, a veces en colonias como los corales o las madreporas.

COGNITIVO: (De *cognición*). *adj.* Perteneiente o relativo al conocimiento.

COLLAGE: (Voz *fr.*). *m.* Técnica pictórica consistente en pegar sobre lienzo o tabla materiales diversos.

ERGONOMÍA: (Del *gr.* ἔργον, obra, trabajo, y *-nomía*). *f.* Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.

FLECTAR: Doblar un cuerpo.

FRACTAL: *m.* *Fis. y Mat.* Figura plana o espacial, compuesta de infinitos elementos, que tiene la propiedad de que su aspecto y distribución estadística no cambian cualquiera que sea la escala con que se observe. *U. t. c. adj.*

HEURÍSTICAS: (Del *gr.* εὕρισκειν, hallar, inventar, y *-ístico*). **1.** *f.* Técnica de la indagación y del descubrimiento. || **2.** Busca o investigación de documentos o fuentes históricas. || **3.** En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc.

INTERACTIVO: *adj.* Que procede por interacción.

INTERFAZ: (Del *ingl.* *interface*, superficie de contacto). *f.* *Inform.* Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

INTUICIÓN: (Del lat. mediev. *intuitiō*, -ōnis). f. Facultad de comprender las cosas instantáneamente, sin necesidad de razonamiento.

ITERAR: (Del lat. *iterāre*). tr. repetir.

LÚDICA: (Del lat. *ludus*, juego, e -íco). adj. Perteneciente o relativo al juego.

MORFOLOGÍA: (De *morfo-* y *-logía*). f. Parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta.

PDS: Product Design Specifications.

PEDAGOGÍA: (Del gr. *παιδαγωγία*). f. Ciencia que se ocupa de la educación y la enseñanza. || 2. En general, lo que enseña y educa por doctrina o ejemplos.

POLARIZAR: (De *polar*). tr. *Fís.* Modificar los rayos luminosos por medio de refracción o reflexión, de tal manera que queden incapaces de refractarse o reflejarse de nuevo en ciertas direcciones. U. t. c. prnl.

PÓLIPO: *Zool.* Una de las dos formas de organización que se presenta en los celentéreos cnidarios, bien como tipo único, como en las actinias y restantes antozoos, bien en alternancia con una forma medusa, como ocurre en el ciclo reproductor alternante de muchos cnidarios. El pólipo vive fijo en el fondo de las aguas por uno de sus extremos, y lleva en el otro la boca, rodeada de tentáculos

REFERENTE: Del ant. part. act. de *referir*, lat. *refērens*, -entis). adj. Que refiere o que expresa relación a algo.

RENDER: Representación de una vista en perspectiva en dibujo o pintura.

VISCOSIDAD: *Mec.* Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Desde hace algunos años, las tendencias en cuanto a pedagogía se inclinan por una educación basada en la experimentación, en la lúdica y en la interactividad; haciendo que los estudiantes vivencien por si mismos todos aquellos temas (físicos, matemáticos, etc.) que quieran aprender.

Sin embargo, en muchos casos no se tiene claro el concepto de lúdica, ya que para muchas personas eso solo significa juego. La lúdica como parte fundamental de la dimensión humana, no es una ciencia, ni una disciplina y mucho menos una nueva moda. La lúdica es más bien una actitud, una predisposición del ser frente a la vida, frente a la cotidianidad. Es una forma de estar en la vida y de relacionarse con ella en esos espacios cotidianos en que se produce disfrute, goce, acompañado de la distensión que producen actividades simbólicas e imaginarias como el juego. La chanza, el sentido del humor, el arte y otra serie de actividades (sexo, baile, amor, afecto), que se produce cuando interactuamos con otros, sin más recompensa que la gratitud que produce dichos eventos. *Al parecer la mayoría de los juegos son lúdicos, pero la lúdica no sólo se reduce al la pragmática del juego.*¹

A partir de la lúdica y de la creatividad se pueden potenciar los siguientes procesos:

¹ Jiménez, Carlos A. Hacia la construcción del concepto de "Lúdica".
http://www.geocities.com/ludico_pei

- Capacidad de abstracción y de juicios críticos para ser innovadores y creativos.
- Capacidad de entender los nuevos modelos de comunicación y de trabajo en equipo.
- Capacidad de promover procesos de paz, de cooperación y de solidaridad.
- Capacidad de entender problemas sistémicos y dinámicos.
- Capacidad de asombro y de curiosidad.
- Capacidad de solución de problemas utilizando heurísticas.
- Capacidad de promover procesos de acción y de gestión a nivel social.
- Capacidad de imaginar y de fantasear.
- Capacidad de ligar lo operativo con lo emotivo y con lo cognitivo.
- Capacidad de manejar y procesar información, no de memorizar.
- Capacidad de lectura y escritura de los nuevos códigos de la modernidad.
- Capacidad de producir nuevos conocimientos²

A partir de este concepto de lúdica, algunos autores crean otro concepto: el de la inteligencia lúdica que será explicado a continuación. Entendida como una capacidad que posee el ser humano desde sus etapas iniciales en el vientre materno, "la primera escuela a la que asistimos", y cuyas expresiones van desde el juego y la risa, al sentido del humor, el pensamiento metafórico y la creatividad, la inteligencia lúdica es fundamental para dar sentido a la existencia y comprender al otro³

Esta tendencia pedagógica, se ha hecho evidente en el mundo a través de los museos interactivos, los cuales procuran despertar en los visitantes la curiosidad hacia los fenómenos de la naturaleza y algunos inventos creados por el hombre. Alrededor del mundo existen más de un centenar

² Jiménez, Carlos Alberto. Hacia la construcción del concepto de "lúdica".
http://www.geocities.com/ludico_pei

³ El goce de la inteligencia. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-97688.html>

de museos científicos que presentan algún nivel de interactividad o que son considerados completamente Centros Interactivos⁴.

Por su parte, en Colombia los museos interactivos se vienen formando hace unos pocos años. Uno de los primeros museos de este estilo que se dieron en Colombia fue el Museo de los Niños. Este museo fue fundado en 1986 en la ciudad de Bogotá, y su función básica es que los niños aprendan a través de la experiencia, temas tan variados como las comunicaciones, el arte, la informática, el cuerpo humano, la ciudad, física, energía solar, las plantas en un invernadero, un estudio de Televisión, la informática, tecnología y futuro, el carbón, el petróleo, la nutrición, la higiene dental y la paleontología y en general el mundo que los rodea. También cuenta con un teatro, un avión y una locomotora.⁵ El Museo de los niños ha tenido tanto éxito que se ha hecho acreedor al Premio a la Mérito Científico 2005 de la ACAC (Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia) en la categoría Divulgación de la Ciencia.⁶

Otros museos interactivos se dieron en el país unos años mas tarde; el primero de ellos fue Maloka que abrió sus puertas en 1998, y esta ubicado en la ciudad de Bogotá. Maloka es un Programa de cobertura nacional con proyección internacional, de carácter cultural, educativo, científico, tecnológico, recreativo y turístico, que aporta a la construcción de una sociedad basada en el conocimiento, a través del diseño de múltiples estrategias de apropiación social de Ciencia y Tecnología, generando espíritu crítico y conciencia sobre su impacto en la vida cotidiana y el desarrollo social, económico y cultural de los colombianos.⁷

⁴ Referenciación de Museos Interactivos como aprendizaje para el desarrollo del Parque Explora

⁵ Museo de los niños. <http://www.cybercol.com/colombia/museos/museoninos.html>

⁶ Noticias sobre educación. <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/propertyvalue-31878.html>

⁷ ¿Qué es Maloka?. <http://www.maloka.org/>

Por su parte, el 14 de noviembre del 2000 nace en Medellín el Museo Interactivo EPM. En este museo, los visitantes pueden sentir y palpar la aplicación de los fenómenos y procesos que permiten a EE.PP.M. (Empresas Públicas de Medellín) entregar sus servicios de energía eléctrica, gas por red, acueducto, alcantarillado y telecomunicaciones⁸. El Museo Interactivo EPM cuenta con 22 salas distribuidas en cuatro pabellones: Agua, Energía, Telecomunicaciones y Sigma en los que los fenómenos son explicados mediante la lúdica y la interactividad.

Actualmente, en la ciudad de Medellín, se lleva a cabo el proyecto del Parque Explora cuya misión es contribuir a la apropiación social de la ciencia y la tecnología brindándole a los niños y jóvenes y en general a toda la ciudadanía, la oportunidad de ver el mundo a la luz de un conocimiento que posibilita el desarrollo, el bienestar y la dignidad.⁹ El Parque Explora es una atractiva fusión de naturaleza y arquitectura diseñada con generosos espacios peatonales, diversas posibilidades de acceso y múltiples alternativas de encuentro con la ciencia y la tecnología.¹⁰ A mediano y largo plazo EXPLORA será el gran dinamizador de una positiva transformación en la enseñanza de las ciencias y la tecnología con implicaciones generales sobre el mejoramiento de la calidad de la educación básica y media de todo el Departamento. Y en general del fortalecimiento de las habilidades y competencias de todos los Antioqueños, para participar como ciudadanos contemporáneos en la sociedad del conocimiento.¹¹

⁸ www.ilam.org/fichasCO/co35.htm

⁹ www.cta.org.co/publicaciones/explora.pdf#search=%22parque%20explora%22

¹⁰ www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/parqueexplora.jsp

¹¹ Parque Explora El Gran proyecto educativo, cultural y urbano de los Antioqueños de cara al Siglo XXI: *I La Conceptualización*.
<http://www.cta.org.co/publicaciones/explora.pdf#search=%22parque%20explora%22>

1.2. JUSTIFICACIÓN

Académicamente, el Proyecto de Grado brinda al estudiante la oportunidad de integrar los conocimientos aprendidos en las diferentes asignaturas a lo largo de la carrera, para así demostrar ante la academia y la comunidad que es merecedor del título de Ingeniero (a) de Diseño de Producto.¹²

Socialmente, el proyecto tiene un fin acorde con la misión del Parque Explora. Con este se pretende despertar el interés de los visitantes hacia el conocimiento y el entendimiento del comportamiento de ciertos fluidos sometidos a presión, lo que se manifiesta en la formación de fractales en la celda Hele-Shaw; todo esto por medio de una experiencia basada en la lúdica y en la interactividad. El Parque Explora, y todas las experiencias que en él se encuentren, no tienen como fin resolver las dudas de los visitantes, sino por el contrario, generar nuevas inquietudes sobre fenómenos que antes no conocían, que se cuestionen e invitarlos a conocer e investigar más para resolverlas; con esto se espera integrar a la comunidad al desarrollo tecnológico, a la ciencia, a la investigación, y en general al conocimiento.

El Parque Explora cuenta con el apoyo de la Alcaldía de Medellín, y fue concebido en el Plan de Desarrollo 2004-2007 Medellín, compromiso de toda la ciudadanía¹³. El deseo de hacer ciudad con visión, el aporte desinteresado de numerosas personas e instituciones, la dinámica social que ha generado y la viabilidad que tiene un proyecto sólidamente formulado, han sido razones de peso para que 15 instituciones promuevan EXPLORA, para que el Concejo Municipal de Medellín lo considere prioritario en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad y haya dispuesto los terrenos en donde se construirá el Parque; y para que,

¹² Guía Proyecto de Grado; Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto; Pg. 2

¹³ Parque Explora http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/parqueexplora.jsp

"Visión Antioquia siglo 21", lo haya adoptado como el proyecto estratégico de ciencia y tecnología para la región.¹⁴

Partiendo de lo anterior, el Parque Explora representa una muy importante oportunidad para un estudiante de Ingeniería de Diseño de Producto para demostrar sus habilidades creativas e investigativas, ya que este es un proyecto muy grande planeado para trascender; esto contribuye a dar a conocer la carrera y unos de sus múltiples campos de desarrollo tanto a la ciudad como al resto del país y porqué no al mundo, y además a demostrar una vez mas las capacidades y la competitividad con la que cuenta un profesional egresado de la Universidad EAFIT.

Además, el proyecto quiere utilizar la información teórica de la celda Hele-Shaw, para difundir y explicar el fenómeno, teniendo como base la lúdica y la recreación. Esto se lograra a través de la Ingeniería de Diseño de Producto, que nos ayudara a obtener como resultado un producto integro, que explique el funcionamiento de dicho fenómeno de una forma clara, segura y llamativa para el usuario, sin dejar de lado la lúdica y la interacción de los visitantes del parque, quienes al salir no solo deben haber encontrado diversión, sino que deben haber encontrado conocimiento por medio de las experiencias que brinda el parque.

¹⁴ Parque Explora El Gran proyecto educativo, cultural y urbano de los Antioqueños de cara al Siglo XXI: *La Conceptualización*.
<http://www.cta.org.co/publicaciones/explora.pdf#search=%22parque%20explora%22>

1.3. MARCO TEORICO

Los fractales son “objetos geométricos cuya estructura básica se repite a diferentes escalas”.¹⁵ Estas estructuras se forman por procesos de iteración. Los fractales se pueden hacer de una forma simple, como se muestra a continuación:

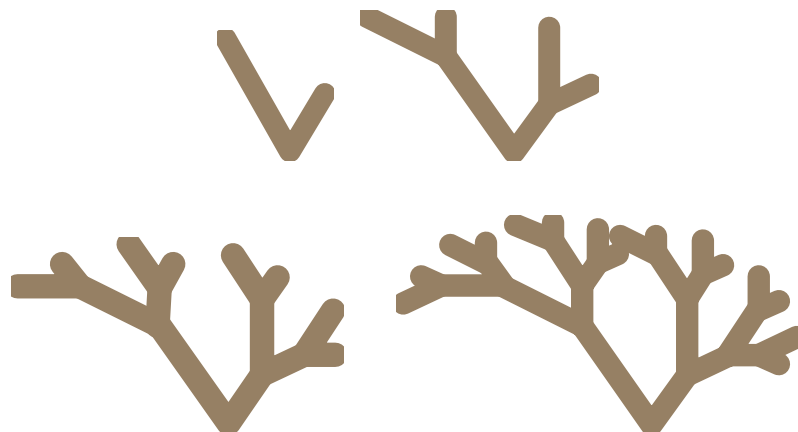


Figura 1. Formación simple de Fractales

O de una forma más compleja, por medio de programas de computador, que logran hacer un gran número de iteraciones:



Figura 2. Formación por computador de Fractales

¹⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>

Los fractales se encuentran en la naturaleza “*las nubes, las montañas, el sistema circulatorio, las líneas costeras o los copos de nieve.*”¹⁶, las hojas muestran una morfología similar a la del árbol o la rama que las contiene, sin ser la rama o el árbol en si mismo, los corales son una buena muestra de esto, son animales en los que se puede observar dicho fenómeno, analizando su estructura, poseen detalle a cualquier escala de observación.

Los fractales poseen dos características primordiales que los definen, aunque para algunos son contradictorias y confusas. “*Primero, su Área o Superficie es finita, es decir, tiene límites. Por el contrario y por paradójico que esto resulte, su Perímetro Longitud es infinita, es decir, no tiene límites*”. Esto quiere decir que aunque el área es un espacio definido, su perímetro o borde es infinito, se puede agrandar cuanto sea necesario en la iteración sin modificar su área.

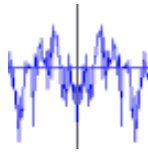
No podemos olvidar que fractal es fundamentalmente un adjetivo, un concepto matemático, ya que son los resultados de algoritmos, que forman imágenes sorprendentes. También hay que recordar que fractal viene del latín fractus, cuyo significado es Fracturado¹⁷, de ahí la forma y la composición de los fractales que se ven en la naturaleza y los graficados gracias a software, siempre se vera claramente particiones de colores y formas que crean nuevas imágenes.

1.3.1. Un poco de historia

Son muchas las personas que han aportado su granito de arena, y muchas (en cierto modo infinitas) las clases de fórmulas. El siguiente cuadro muestra alguno de los "hitos" en la historia de las matemáticas no lineales.

¹⁶<http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>

¹⁷ http://platea.pntic.mec.es/mzapata/tutor_ma/fractal/fracuned.htm



K. Weierstrass (1815-1897)

Definió, por primera vez, una curva continua no diferenciable.



G. Cantor (1845-1918)

Estableció una sucesión de segmentos conocida como "polvo de Cantor".



A. Lyapunov (1857-1918)

Abrió el camino para el estudio de sistemas dinámicos.



G. Peano (1858-1932)

Diseñó una curva que, al desarrollarse, pasa por todos los puntos del plano.



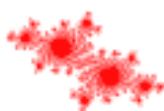
N. Koch (1815-1897)

Su aportación más famosa se la conoce como "Copo de nieve".



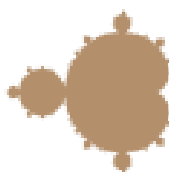
W. Sierpinski (1882-1969)

Su "triángulo" es, probablemente, el fractal más conocido.



G. Julia (1893-1978)

Estudió por primera vez la iteración de funciones racionales.



B. Mandelbrot (1924-)

Un gran impulsor de la matemática fractal, ayudado por las computadoras.¹⁸

Anteriormente se definieron los fractales como formas resultantes de un algoritmo matemático, pero ese no es la única rama en la que puede ser utilizada esta teoría, a lo largo de la historia ha sido aplicada a las ciencias sociales; *“Marx, realizó intuitivamente el “análisis fractal” de la economía política, estudiando la “mercancía” como la pieza raíz (la ecuación fundamental), de la cual obtenía el “árbol” completo de la sociedad capitalista, esto es, el fenómeno integral”.*¹⁹ También hay que ver la aplicación de los fractales en ciencias como la cartografía y la medición de costas *“Benoit Mandelbrot quién tuvo el mérito de intuir la potencia de los fractales para construir modelos que explicasen la realidad, y esto lo hizo desde su primera formulación y desde sus primeros trabajos que, con un notable afán práctico y divulgador, están dedicados al problema de medir la costa de Gran Bretaña.”*²⁰

También cabe mencionar en el estudio de los fractales, la negación de su existencia en la naturaleza, como lo hacen muchos estudios e investigadores, no sin antes decir, que la falta de los fractales en

¹⁸ <http://www.arrakis.es/~sysifus/intro.html>

¹⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>

²⁰ http://platea.pntic.mec.es/mzapata/tutor_ma/fractal/fracuned.htm

las ciencias y en la naturaleza es como la falta de las líneas curvas y rectas o de las esferas en el medio ambiente; *“En la naturaleza los objetos fractales suelen aparecer de dos formas, o más bien en relación con dos circunstancias. Una de ellas es en una situación de frontera, y aquí incluimos todos los casos en que entran en contacto dos medios humanos, naturales, físicos, químicos, etc. o dos superficies diferentes: frontera entre países, riberas de los ríos, litoral, nubes. Y la otra situación es la de árbol. Es decir aquellos casos en que se produce una ramificación con auto similitud: árboles, arbustos, y plantas, tejidos arteriales, cuencas fluviales con sistemas de río, afluentes, ramblas, barrancos, riachuelos, etc. redes capilares, redes pulmonares”*²¹

Aunque la denominación de fractal y los conceptos asociados sólo existen desde 1975, desde los últimos años del siglo XIX se han descrito conjuntos o funciones cuyos comportamientos y propiedades eran difíciles de integrar en el bagaje de conocimientos de la época sin perder la integridad o la coherencia de las doctrinas correspondientes. Estos objetos, sin embargo, encuentran la cobertura conveniente con el progreso del Análisis y la Geometría y sobre todo con el advenimiento del concepto de fractal.²²

*En 1961, Eden definió un modelo matemático para describir el crecimiento de tumores. El algoritmo para deducir el estado de un agregado a partir de su estado precedente, consiste en delimitar su perímetro y seleccionar aleatoriamente un lugar de crecimiento en el mismo, añadiendo la partícula en la localización correspondiente.*²³

²¹ http://platea.pntic.mec.es/mzapata/tutor_ma/fractal/fracuned.htm

²² <http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/leccion2/index2.htm>

²³ <http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/capitulos/04/04-04.shtm#ModeloEden>

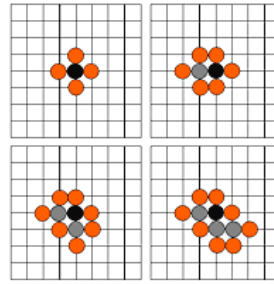


Figura 3. Modelo matemático del crecimiento de tumores

1.3.2. Fractales en la naturaleza



Figura 4. Fractales en la naturaleza: Brócoli



Figura 5. Fractales en la naturaleza: Helecho



Figura 6. Fractales en la naturaleza:
Copo de Nieve



Figura 7. Fractales en la naturaleza:
Costa

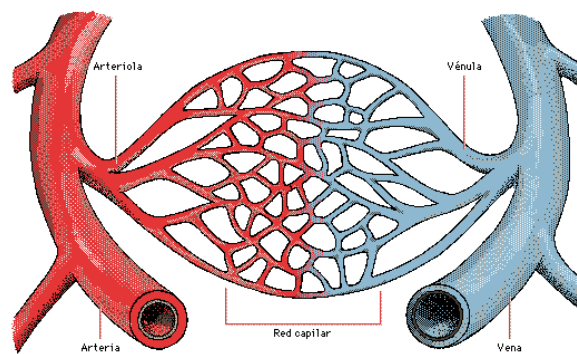


Figura 8. Fractales en la naturaleza:
Sistema circulatorio



*Figura 9. Fractales en la naturaleza:
Venas de las hojas*

1.4. OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar y desarrollar un modelo funcional de una experiencia interactiva que evidencie el fenómeno de los fractales de la Celda Hele-Shaw por medio de fluidos de viscosidades diferentes; utilizando la lúdica y la interactividad, para la sala Física Viva del Parque EXPLORA, siendo coherente con el propósito cultural y social de este de acercar a la comunidad al conocimiento.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el fenómeno de los fractales en la naturaleza, por medio de experimentación e información obtenida de expertos a través de libros, Internet o entrevistas con especialistas; para entender su estructura y lograr una forma clara de llegar al usuario a través de una explicación sencilla.
- Buscar información referente al usuario que interactuará con la experiencia en el museo, por medio de entrevistas directas y

observación, teniendo en cuenta el público al que está dirigido el museo; para lograr entender su forma de pensar y actuar.

- Identificar y evaluar alternativas para satisfacer las demandas y deseos de los usuarios que van a interactuar con la experiencia, llegando al diseño más adecuado, para que el usuario encuentre todas las respuestas a sus inquietudes teóricas y funcionales, por medio de estudios de sus necesidades y deseos.
- Analizar toda la información obtenida, para lograr un diseño adecuado de la experiencia por medio de los diferentes métodos de evaluación requeridos en cada etapa del proyecto.
- Elaborar un modelo funcional de la experiencia al cual se le puedan realizar las pruebas necesarias, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos especificados en el PDS.

1.6. ALCANCE Y PRODUCTOS

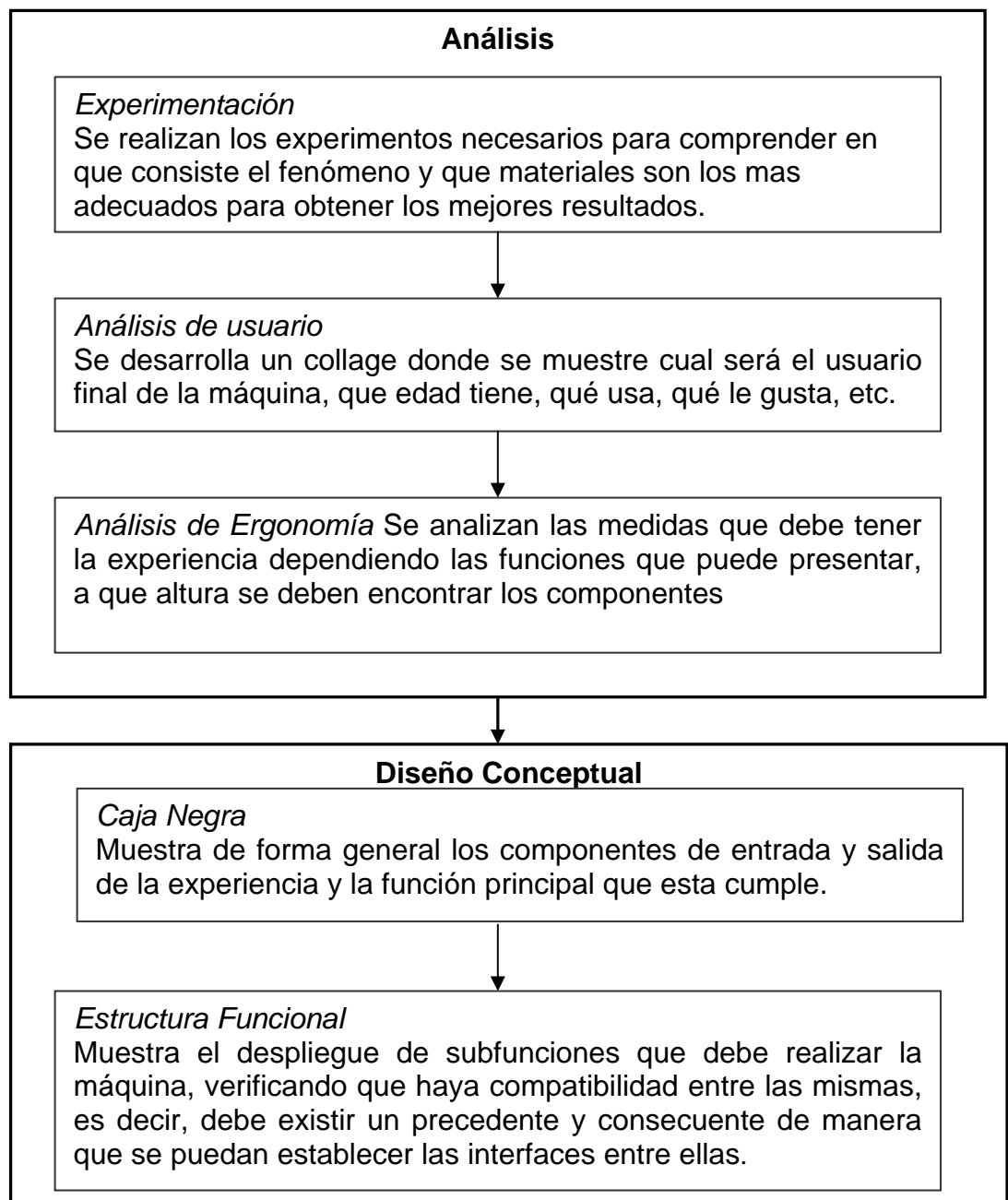
En el desarrollo de este proyecto tenemos como finalidad realizar un modelo funcional que pueda representar, de la manera más real posible, las características estéticas y funcionales del producto terminado para presentar al Parque Explora un acercamiento a la idea definitiva que se aplicaría en la sala de Física Viva del Parque.

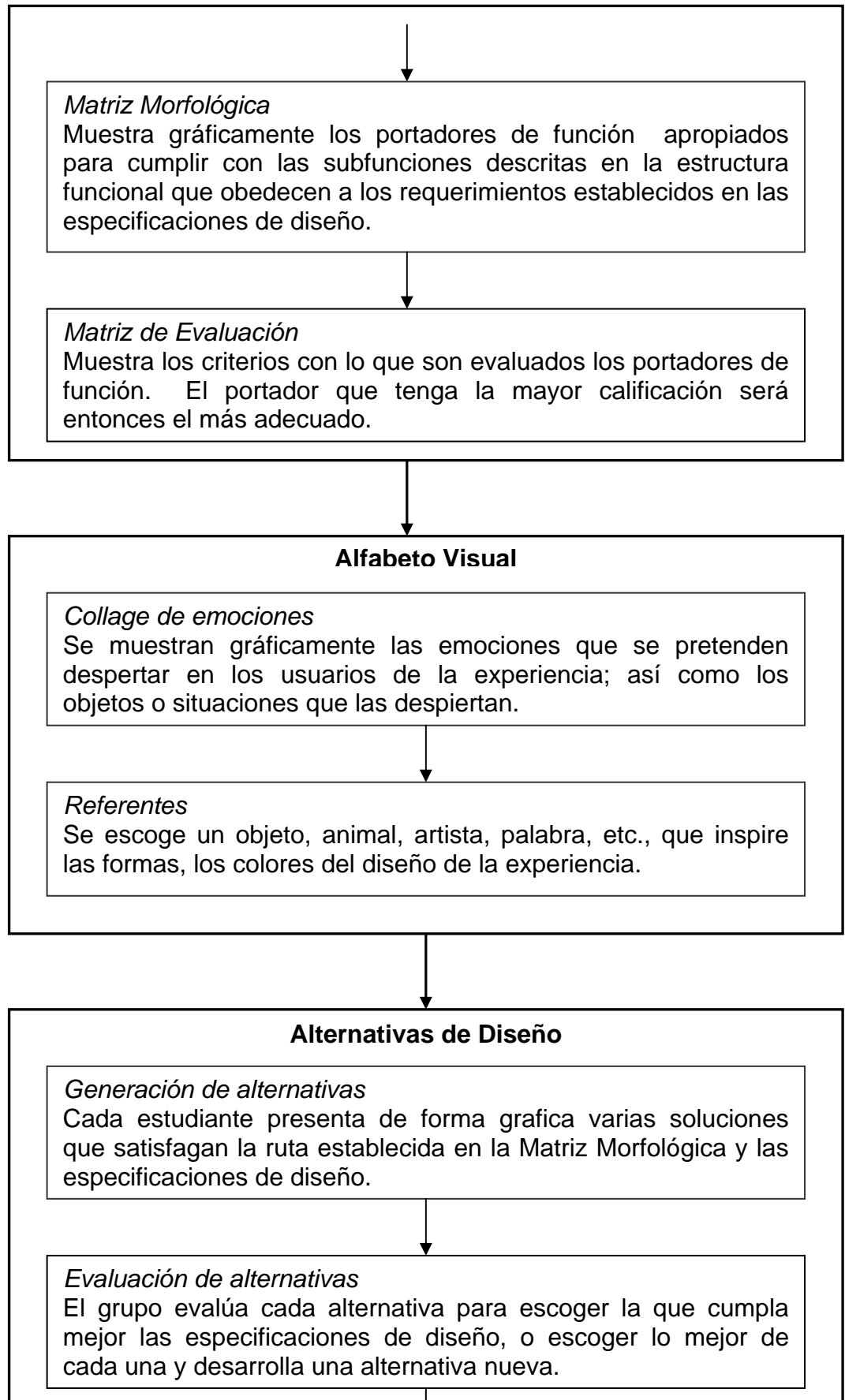
El proyecto pasaría por varias etapas, en la primera etapa se haría todo el proceso de investigación teórica del fenómeno que queremos explicar y hacia el cual queremos llamar la atención del visitante del parque, que sería el otro factor importante a investigar, el cual es el mercado de nuestro producto, esta investigación nos arrojaría como resultado las necesidades y deseos del cliente que serían recopiladas en el PDS. Este documento sería el cierre de esta etapa.

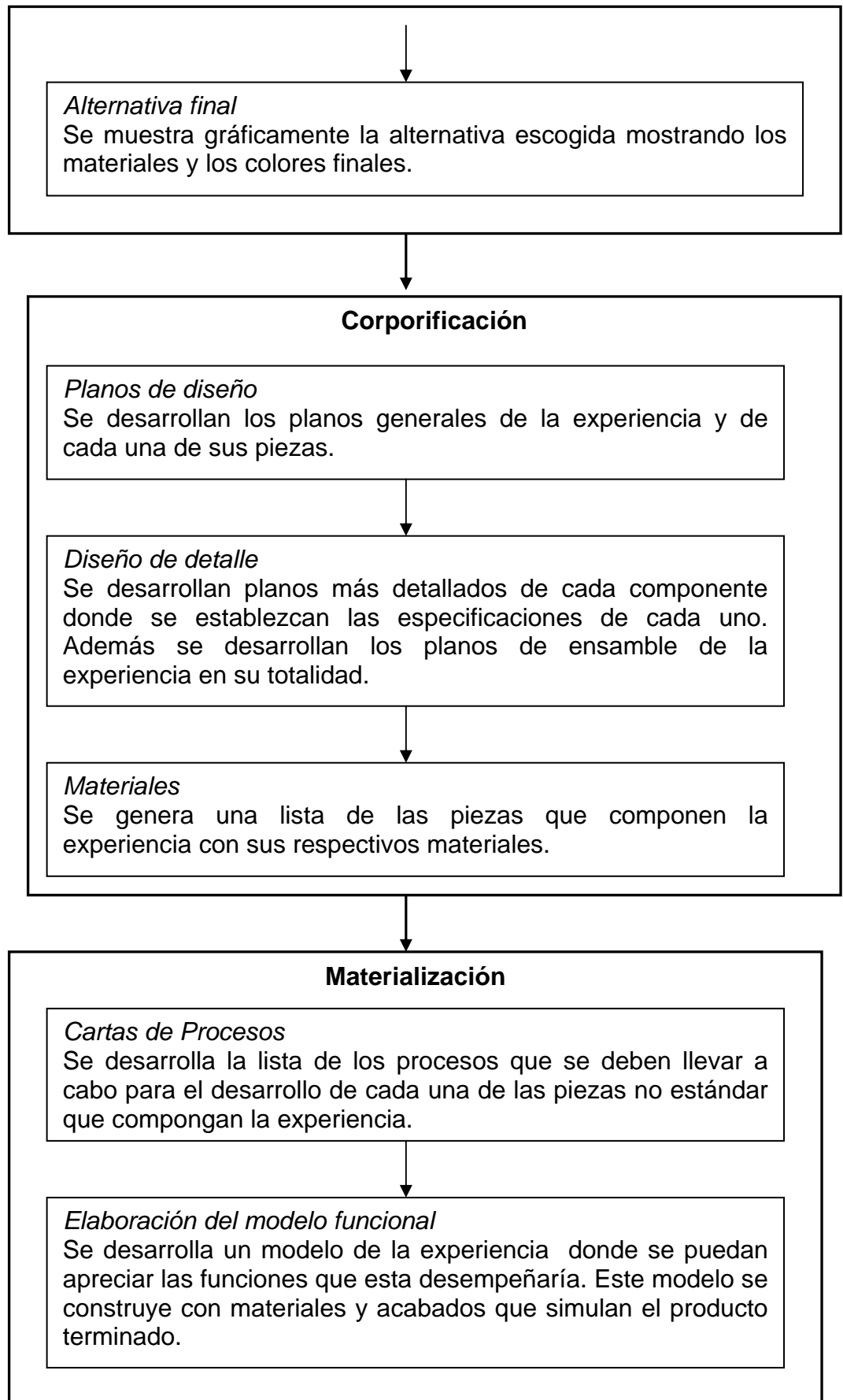
Luego se haría generación de ideas, para llegar a un render definitivo y planos de la experiencia.

Finalmente se haría la materialización del producto que culminaría en el modelo funcional que representaría la idea del producto, esto vendría acompañado de la presentación oral y escrita de este trabajo.

1.7. METODOLOGÍA SUGERIDA







1.8. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO (PDS)

ELEMENTO	PRODUCTO EXISTENTE	NUEVO PRODUCTO/ DEMANDAS	NUEVO PRODUCTO/ DESEOS	REQUERIMIENTO TECNICO
<p>ERGONOMIA Estudio de la conducta de las personas, para adecuar los productos, buscando mejorar su eficacia</p>	<p>La Ergonomía de las experiencias interactivas existentes para museos permite una fácil interacción entre esta y el usuario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que sea cómodo para el usuario - Que no tenga movimientos repetitivos. - Que no requiera levantar grandes pesos. - Las posiciones en el momento del juego deben ser adecuadas. - Que sea de fácil agarre - Que sea estable. - Poner en forma clara para el usuario las funciones que tiene la experiencia. - Que la forma permita su fácil manipulación. -Que su lenguaje visual sea claro y visible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que sea simple para usar. - Que sea cómodo. - Disminuir los esfuerzos del usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - No incluye más de 5 repeticiones de movimientos tipo uno, dos y tres. - En el proceso del juego se mantenga la columna en una posición recta. - Realización del juego motriz libre. - Texturas lisas y simples. - Formas convexas en la superficie de los actuadores.
<p>SEGURIDAD Todo lo referente a la salud del usuario, que no se vea afectada por el producto.</p>	<p>Tienen altas investigaciones de formas, tamaños y materiales adecuados para que el usuario al interactuar con ellas no corra ningún riesgo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que no sea toxico. - Que no tenga aristas vivas. -Que las partes sean de un tamaño adecuado. - Que visualmente no sea agresivo. - Que no tenga partes eléctricas superficiales. - Que no tenga fugas de electricidad. - Todos los componentes deben tener resistencia mecánica y estabilidad que soporte las tensiones debidas al uso - La experiencia no debe tener agujeros que presenten riesgo de lesiones para el usuario o el amarre de sus dedos o manos. -Que no tenga superficies cortantes en contacto con el usuario. - Que no tenga materiales inflamables. - Que resista la fuerza aplicada y el peso del usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que no se sienta atacado por la experiencia. - Que le inspire confianza. - Que le permita experimentar. - Que el usuario no sufra lesiones con la experiencia. - Que le permita aprender. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que las aristas sean redondeadas con un radio mínimo de 20mm. -Que no tenga partes puntudas ni afiladas salientes del producto. - Presencia de cables superficiales nula. - Agujeros con diámetro menor o igual a 5 mm. o mayor o igual a 80 mm. - Que soporte un peso máximo de 80 kg. - Materiales con aditivos ignifugantes. - Uso de materiales dieléctricos.
<p>DESEMPEÑO Referente a la calidad del producto.</p>	<p>El desempeño de los productos es excelente, sobrepasan los tiempos de garantía, además son muy resistentes al desgaste por su nivel de uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que el producto funcione cuando el usuario lo requiera. - Que cumpla con el objetivo para el que fue creado. - Que la experiencia tenga diferentes colores - Que la experiencia estimule habilidades que ayuden al desarrollo del niño - Sistemas de ensambles y desensambles fáciles y prácticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que funcione siempre que se desee. - Que no se dañe. - Que no necesite mucha fuerza del usuario. - Que tenga diferentes sonidos atractivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que funcione el 100% de las veces durante, mínimo, el periodo de garantía, en el medio adecuado. - Utilizar los sentidos táctil, visual y auditivo - Que el usuario no levante pesos mayores a 6 Kg.
<p>CALIDAD Y CONFIABILIDAD Referente a la</p>	<p>La calidad de los productos del mercado es alta, debido a los materiales usados</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que tenga periodo de garantía que el producto pueda cumplir. - Que cumpla la función que es vendida al usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que el producto dure mucho tiempo. - Que no se dañe 	<ul style="list-style-type: none"> - Garantía de 1 año. - Tiempo de vida útil menor a 5 años.

<p>vida útil y el deterioro del producto con el uso, además de la garantía ofrecida por el fabricante.</p>	<p>y al espacio y el nivel de uso para el que son producidos, sin dejar de lado el mantenimiento continuo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que tenga alta resistencia al desgaste. - Utilizar materiales resistentes y ensamblajes firmes. - Materiales que resistan las fuerzas producidas por el usuario durante su uso diario. 	<p>fácilmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que encuentre apoyo de la compañía si sufre daños. - Que tenga garantía. 	
<p>MANTENIMIENTO Cuidado que se debe tener con el producto, limpieza y arreglos adicionales.</p>	<p>Productos que casi no requieren mantenimiento, solo necesitan limpieza y cuando sufren algún daño ya es el final de su vida útil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que el material sea resistente a agentes químicos y de fácil limpieza. - Que los contactos eléctricos sean sólidos y se encuentren por dentro. - Rápido ensamblaje con pocos subensamblajes. - Fácil desensamble del producto para el reemplazo de piezas y mantenimiento. - Fácil consecución de las partes fusibles. - Requiere de una persona especializada para su mantenimiento con las herramientas adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que el mantenimiento sea simple. - Que se pueda limpiar. - Ensamble sencillo. - Disminución de las ranuras de la experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Duración máxima del mantenimiento 30 minutos. - Tiempo de limpieza máximo 10 minutos. - Solo una persona necesaria para el mantenimiento. - 2 horas máximo de ensamble total. - Uso de snap-fits, piezas comerciales como tornillos que no requieran el uso de herramientas sofisticadas. - Pocas piezas fusibles. - Piezas fusibles estándar.
<p>USUARIO Descripciones del usuario, necesidades y comportamiento</p>	<p>Los usuarios que visitan los museos interactivos y que usan las experiencias son multiusuarios, eso lo define el rango de edades que permita el museo en su ingreso, por lo general de 7 años en adelante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que el usuario que ingresa al museo este en capacidad de accionar la experiencia. - Usa con mayor facilidad los procedimientos lógicos: análisis, síntesis... Descubre el juego del pensamiento. - Desarrollo su espíritu crítico. - Despierta la necesidad de libertad, de ser independiente y libre; para ello emplea la desobediencia como una necesidad. - Etapa donde madura el pensamiento lógico formal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que la experiencia amplíe el rango de usuario al máximo. - Que la puedan usar niños y adultos por igual, llegando principalmente a adolescentes que se encuentren entre los grados 10 y 11. 	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario que va a usar la experiencia será todo aquel que ingrese al museo. - Los adolescentes entre 15 y 18 años son los que se sienten más atraídos por el diseño de la experiencia.
<p>COSTO DEL PRODUCTO Todo lo referente al valor del producto, costo de materiales, costo de fabricación, comercialización y precio de venta.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Que no necesite materiales importados - Que tenga buena relación costo-beneficio - Que el diseño de sus piezas sea lo más simple posible para disminuir costo - Que utilice procesos de manufactura adecuados para disminuir costo según la cantidad a producir 		<ul style="list-style-type: none"> - Que su costo este entre un 20 y un 30 % por debajo del precio de productos similares de la competencia - El 100% de los materiales y la producción son obtenidos en Colombia. - Que se aplique la metodología de diseño para el ensamble y diseño para manufactura. - Que el costo de producción este entre 1 millón y 10 millones.
<p>ESTETICA Formas físicas, colores y texturas externas, imagen del producto ante el</p>	<p>Son llamativos con muchos colores y formas suaves y armoniosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Que se explique por medio de graficas. - Que los colores jueguen papeles importantes. - Todos sus acabados deben ser excelentes - Debe tener diferentes texturas 	<ul style="list-style-type: none"> - Que se entienda fácilmente. - Que sea bonito. - Que se pueda tocar. - Que llame la 	<ul style="list-style-type: none"> - Debe tener aplicado encima de su pintura un aditivo anticorrosivo (Esmalte Satinado Estil-lac) para así dar una mejor protección a su desgaste

<p>usuario</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Apariencia que ayude a demostrar el concepto lúdico de la experiencia. - Que la experiencia tenga una apariencia moderna, durable y limpia. 	<p>atención del usuario y lo invite a la interacción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Debe tener min. 3 texturas diferentes. - Formas con ángulos rectos que concuerden con la estética de la sala. -No debe tener tornillos a la vista. - Actuadores y botones de funcionamiento de color blanco y con superficie lisa.
<p>MATERIALES Importancia de estos en cuanto a calidad y seguridad del producto.</p>	<p>Usan diferentes tipos de materiales con recubrimientos para evitar el desgaste de la experiencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales que no se astillen ni sean cortantes si se rompen - Tienen que ser no tóxicos. - Que el material se pueda pigmentar y/o pintar. - Materiales livianos y al mismo tiempo resistentes al impacto y al desgaste. - Materiales reciclables y/o biodegradables que no dañen el medio ambiente. - Resistentes a químicos. -Materiales resistentes a la humedad, los rayos UV, la temperatura, la fricción y al desgaste. Con altas propiedades mecánicas y físicas (rigidez, dureza, tenacidad y resistencia). Además estabilidad dimensional y un excelente aislamiento eléctrico. - Excelente acabado superficial y resistencia al rayado. 	<p>- Que no se rompa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usar materiales como chapilla de madera, vidrio esmerilado y acero inoxidable - Materiales resistentes a cambios de temperatura. - Que entre el 50 y el 100% de los materiales de la experiencia sean reciclables
<p>DOCUMENTACION Todos los papeles que pueda haber del producto, como antecedentes investigaciones, pruebas y explicaciones de uso.</p>	<p>Tienen documentación del producto, ya que realizan pruebas antes de sacar la experiencia al museo. Además los productos van acompañados por instrucciones de uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación acerca de las pruebas realizadas para detectar defectos y posibilidades de mejorar. -Pruebas realizadas a usuarios - Información gráfica suficiente para una optima interacción. - No puede ser muy extensa la explicación del funcionamiento de la experiencia. 	<p>- Que los textos que expliquen su funcionamiento sean lo suficientement e claros.</p>	<p>Existencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Documentos de pruebas realizadas al producto. - Investigación del producto previa a su diseño. - Cronogramas de trabajo. - Planeación de producción. - Debe contener dibujos, fotos, modelaciones, especificaciones técnicas y de seguridad generales. - Debe tener instrucciones con todas las especificaciones de seguridad y operación necesarias.
<p>PRUEBAS Experimentos y estudios realizados a los productos</p>	<p>Las grandes compañías realizan numerosas pruebas a los productos para asegurarle al usuario total satisfacción y seguridad, además para reducir riesgos de demandas y</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pruebas del producto para asegurar su éxito. - Que sea un producto sacado al mercado responsablemente. - Realizar pruebas virtuales en programas especializados para asegurar resistencia de todas las piezas. 	<p>- NA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de esfuerzos con máquina universal y otras disponibles en el medio.

	reclamos.			
ENTORNO Medio que rodea el producto y en el cual es adecuado usarlo.	Las experiencias que se encuentran en el medio son usadas en su mayoría en recintos cerrados y algunas en parques al aire libre.	<ul style="list-style-type: none"> - Impermeabilizar el producto. - Que resista el cambio de medios de acción, comprobando esto por medio de pruebas. 		<ul style="list-style-type: none"> - El sistema eléctrico esta impermeabilizado. - Posibilidad de uso en lugares húmedos, calientes y secos.
DESECHOS Materiales no utilizados en la producción que sobran y van al ambiente o tienen otros usos.		<ul style="list-style-type: none"> - Que la compañía tenga procesos de auto reciclaje. - Que el producto sea concebido en términos del diseño sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que sea ecológico. - Que no ensucie el planeta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que cumpla las normas del ministerio del medio ambiente. - Que cumpla con la norma 14001 del Icontec.
TAMAÑO Dimensiones del producto para su fácil uso, según la necesidad del usuario.	Las experiencias de los museos no sobrepasan 200mmx200mmx200mm	<ul style="list-style-type: none"> - Que el tamaño de la experiencia no limite la interacción del usuario. - Que la experiencia en general y cada una de sus partes sean del tamaño adecuado. - Que la relación entre el tamaño de la experiencia y el tamaño de los actuadores sea correcta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que sea cómodo. - Que pueda ver con facilidad lo que sucede y lo que explica la experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - No debe sobrepasar: 200mmx200mmx200mm. - El tamaño de los actuadores debe ser máximo de 150mm.
PARTES STANDARD Numero de piezas que se encuentran en el mercado y no es necesario producirlas.		<ul style="list-style-type: none"> - Que las partes que son mas delicadas se encuentren en el mercado. - Que las partes Standard reduzcan el costo de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que lo pueda reparar si sufre un daño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de partes estándar del 40%.
INSTALACION Espacios y objetos necesarios para el buen funcionamiento del producto, además del tiempo para el inicio del funcionamiento	El tiempo de instalación de las experiencias para museos es alto, casi siempre se hace al final del montaje del museo, llevándose a cabo en varias horas.	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de instalación mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si necesita instalación, esta no dure más de 2 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Producto 50% armado y con planos específicos de ensamble
TIEMPO PARA DESARROLLAR EL PRODUCTO Duración del proceso de manufactura	Las investigaciones para sacar una experiencia se demoran aproximadamente 1 año.	<ul style="list-style-type: none"> - Que el tiempo dedicado a la investigación sea constante. 	<ul style="list-style-type: none"> - N/A 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de duración del proyecto un año (dos semestres).
PROCESOS DE MANUFACTUR Procesos de manufactura específicos necesarios para la producción del juguete.	Depende del material en el que esta hecho el producto, necesita de procesos, tales como inyección, soplado, soldadura, corte, calado, lijado o perforado, entre otros	<ul style="list-style-type: none"> - Que genere empleo en el país. - Que utilice procesos de producción disponibles a nivel nacional. - Que no sea necesario importar partes. - Que su producción no implique muchos procesos secundarios de manufactura - Ahorro en procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que sea producido en Colombia. - Que sea de buena calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de manufactura usados tales como calado, perforado, lijado. - Que utilice entre 1 y 3 procesos de manufactura secundarios. - El ensamble debe ser realizado en un intervalo de tiempo de 1 a 2 horas

CAPITULO 2: ANÁLISIS

2.1. EXPERIMENTACIÓN

2.1.1. Fluido:

En los experimentos se estudia el comportamiento de dos líquidos de viscosidades diferentes cuando se encuentran dentro de una celda similar a la Hele-Shaw y son sometidos a momentos de presión. Específicamente se analizan las formas que se generan durante la presión según los líquidos con los que se este experimentando.

La celda Hele-Shaw es un dispositivo que consiste en dos láminas de vidrio, acrílico u otro material rígido transparente, separadas por una pequeña distancia. La lámina superior tiene un pequeño orificio en su centro por donde se introducen los líquidos a estudiar.¹ La diferencia entre la celda Hele-Shaw y la utilizada en estos experimentos esta en el orificio de la lámina superior que aquí no aparece ya que los líquidos no son inyectados, sino que se encuentran contenidos dentro de la celda y cambian de forma por la presión que se ejerce sobre las láminas.

Para el desarrollo de los experimentos se utilizó una celda de forma rectangular y una de forma circular; además se utilizaron líquidos con diferentes viscosidades como glicerina, aceite para motos, gel y agua,

¹ http://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_especial/Patrones_fractales_Hele_Shaw.pdf

adicionalmente se utilizó anilina natural como colorante para la glicerina y el agua.

El objetivo final de estos experimentos fue descubrir que fluido o que combinación de fluidos funcionan mejor para mostrar el fenómeno de los fractales; así como determinar que forma deben tener las placas que los contienen. Los resultados, según los líquidos utilizados se muestran a continuación:

2.1.1.1. Glicerina teñida con anilina natural

Con este material, la mayoría de las figuras se forman a partir del punto donde se hace presión y duran unos segundos más luego que se retira la presión, luego el líquido vuelve a su forma original.

En las Figuras 10 y 11 se puede apreciar algunas formas que aparecen cuando se ejerce presión. Se puede observar que el líquido forma figuras fractales, de manera que cumple con el objetivo propuesto.

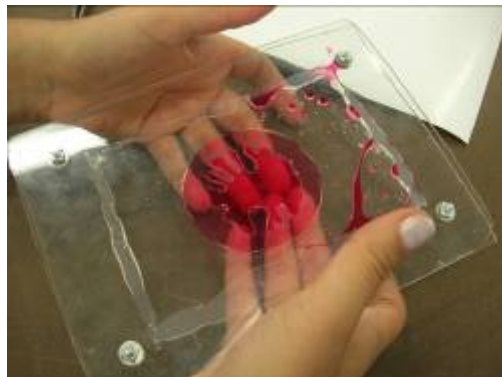


Figura 10. Experimento con glicerina teñida



Figura 11. Experimento con glicerina teñida

2.1.1.2. Glicerina teñida + Aceite para motos

En este caso los materiales no se mezclan, es decir no forman un solo fluido, sino que cada uno mantiene sus propiedades individuales.

En las Figuras 12 y 13 se puede apreciar el comportamiento de los fluidos luego de ejercida la presión.

Por tener una viscosidad menor, el aceite para motos tiende a dispersarse dentro de la celda, lo cual hace que el líquido no vuelva a su posición original una vez se deja de ejercer presión y no forma figuras fractales claramente, por lo tanto, esta combinación no cumple con los objetivos propuestos.



Figura 12. Experimento con glicerina teñida y aceite para motos



Figura 13. Experimento con glicerina teñida y aceite para motos

2.1.1.3. Gel

Como se observa en las Figuras 14 y 15, este material forma figuras fractales muy definidas fácilmente, sin embargo, una vez se deja de ejercer presión el fluido no vuelve a su posición original lo cual dificulta la formación de nuevas figuras, pero la actual puede variar un poco si se ejerce nuevamente presión.

Este resultado tiene una ventaja, y es que, permite que la figura que ya se ha formado dure más tiempo y pueda ser apreciada por el usuario por un periodo de tiempo mayor. Este material cumple perfectamente con el objetivo de mostrar en fenómeno de los fractales.



Figura 14. Experimento con gel



Figura 15. Experimento con gel de dos colores

2.1.1.4. Gel + Glicerina teñida

En las Figuras 16 y 17 se puede observar como estos fluidos parecen mezclarse perdiendo cada uno sus propiedades individuales y volviéndose un nuevo fluido que no permite la formación de figuras fractales al ejercerle presión.

Por tal razón esta combinación no cumple con el objetivo propuesto.



Figura 16. Experimento con gel y glicerina teñida



Figura 17. Experimento con gel y glicerina teñida

2.1.1.5. Aceite para motos + Gel

Aparentemente estos materiales se mezclan un poco haciendo que el gel pierda un poco su viscosidad y a su vez, su capacidad de formar claras figuras fractales.

En las Figuras 18 y 19 se puede observar que esta combinación produce ciertas figuras que no cumplen con el objetivo propuesto; además una vez se retira la presión, los fluidos no vuelven a su posición original.



Figura 18. Experimento con aceite para motos y gel

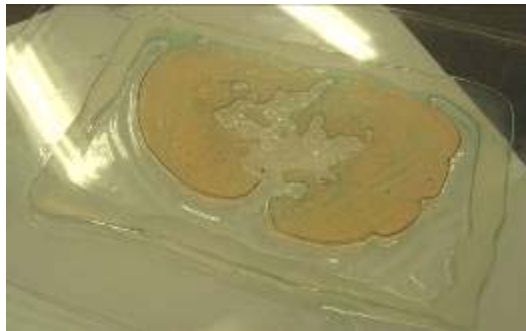


Figura 19. Experimento con aceite para motos y gel

2.1.1.6. Agua teñida + Glicerina

Como se observa en la Figura 20, estos fluidos se mezclan y pierden sus propiedades individuales, haciendo que al ejercer presión no se formen figuras fractales, por lo tanto no se cumple con el objetivo propuesto.



Figura 20. Experimento con agua teñida y glicerina

2.1.1.7. Conclusiones

- Es necesario que las superficies en las que se encuentran los fluidos vuelvan a su posición original luego de ser comprimidos, ya que ese espacio que se forma entre ellos es lo que permite la aparición de fractales.
- El fluido que mejor se comporta es la glicerina seguida por el gel; otros como el agua o el aceite de motos no producen el efecto que se desea mostrar, por lo tanto no funcionan.
- Los fractales en general se forman gracias a la presión, independientemente de la forma que los contenga.

2.1.2. Peso

Estos experimentos tienen como objetivo analizar el peso a partir del cual el fluido comienza a comportarse de acuerdo al fin de la experiencia, es decir, se comienzan a formar los fractales. Estas pruebas fueron hechas sobre el modelo funcional.

La primera parte se hizo en un laboratorio utilizando pesas desde 10 hasta 30 Kilos, luego de eso se hicieron experimentos con usuarios reales hasta los 80 kilos aproximadamente; este cambio se realizó ya que en el laboratorio no existía una pesa con cada valor requerido, por lo tanto había la necesidad de apilarlas, por lo cual, al momento de retirarlas el peso se levantaba gradualmente y esto representaba la realidad de lo que sucedería con un usuario.

2.1.2.1. 10 Kilos:

Como se puede ver en la Figura 22, este peso no es suficiente para producir el movimiento necesario del fluido, por lo tanto no se forma el fractal.



Figura 21. Experimento con 10Kg



Figura 22. Resultado del experimento con 10Kg

2.1.2.2. 20 Kilos:

Como se puede ver en la Figura 23, este peso no es suficiente para producir el movimiento necesario del fluido, por lo tanto no se forma el fractal.



Figura 23. Experimento con 20Kg

2.1.2.3. 30 Kilos:

Como se puede ver en la Figura 25, este peso no es suficiente para producir el movimiento necesario del fluido, por lo tanto no se forma el fractal.



Figura 24. Experimento con 30Kg

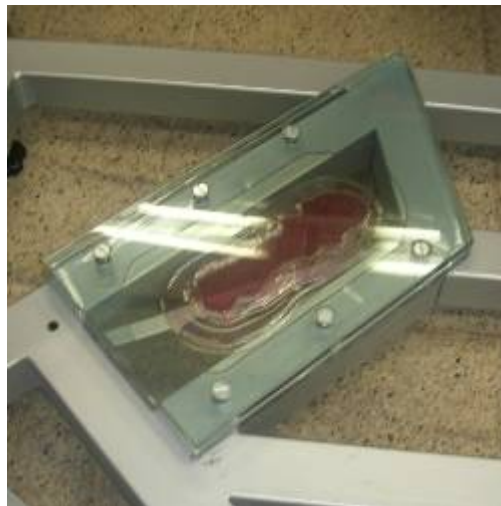


Figura 25. Resultado del experimento con 30Kg

2.1.2.4. 45 Kilos:

Este experimento se realizó con una adolescente de 14 años, aquí pudimos ver que si se forma el fractal en el momento en el que el peso se retira y mantiene su forma el tiempo necesario para que el usuario la vea.



Figura 26. Experimento con usuario real de 45 kilos



Figura 27. Resultado del experimento con 45Kg

2.1.2.5. 55 Kilos:

Este experimento se realizó con una mujer adulta, aquí pudimos ver que si se forma el fractal en el momento en el que el peso se retira y mantiene su forma el tiempo necesario para que el usuario la vea.



Figura 28. Experimento con usuario real de 55 kilos



Figura 29. Resultado del experimento con usuario real de 55 kilos

2.1.2.6. 65 Kilos:

Este experimento se realizó con una mujer adulta, aquí pudimos ver que si se forma el fractal en el momento en el que el peso se retira y mantiene su forma el tiempo necesario para que el usuario la vea.



Figura 30. Experimento con usuario real de 65 kilos



Figura 31. Resultado del experimento con usuario real de 65 kilos

2.1.2.6. 75 Kilos:

Este experimento se realizó con un hombre adulto, aquí pudimos ver que si se forma el fractal en el momento en el que el peso se retira y mantiene su forma el tiempo necesario para que el usuario la vea.



Figura 32. Experimento con usuario real de 75 kilos



Figura 33. Resultado del experimento con usuario real de 75 kilos

2.2. ANÁLISIS DE USUARIO:

En general, el usuario para una experiencia interactiva dentro de un museo puede ser todo aquel que entre en este, sin embargo, para el desarrollo de este trabajo se escogió como usuario objetivo los adolescentes entre 15 y 18 años; y es en ellos en quienes se pretende despertar en mayor grado la curiosidad y el interés por conocer e investigar más acerca del fenómeno de los fractales. Además, los jóvenes son visitantes frecuentes del parque Explora y de los parques y museos interactivos.

Los jóvenes actualmente son seres narcisistas con deseos de independencia, por esto debe tener la capacidad de interactuar con la experiencia de manera individual. La curiosidad y la avidez de investigar y de conocer más los hacen usuarios idóneos. *“En la imagen de los jóvenes actuales, aislados y refugiados en sus mundos de significados, sentidos, identidades y relaciones sociales y culturales propias, vemos condensadas las mutaciones en las formas de vida y los valores emergentes de una sociedad decididamente narcisista.”*²

Los jóvenes quieren experimentar nuevas cosas, pero para mantener su atención deben dejar algunos vacíos, ya que si se les explica todo perderán su interés.

Los adolescentes no desean aprender de forma teórica, ellos desean aprender de formas prácticas, novedosas y arriesgadas, que se relacionen con la aceptación social y el entorno: *“obtener así una sensación de seguridad a partir de la creación de estilos de vida en los que se combinan lo que ha sido transmitido por los adultos con la novedad. Y como que la tradición ya no transmite un entorno*

² http://www.tesisexarxa.net/TESIS_URV/AVAILABLE/TDX-0324106-11420//10.Jovenesyculturasdels.XXI.pdf

*normativo e institucional rígido que oriente a los jóvenes en su transición a la vida adulta...*³

Tras realizar las encuestas (Ver Anexo 1) a jóvenes entre los 15 y 18 años podemos concluir que dentro de estas edades son personas muy sociables a quienes les gusta estar en grupo. En cuanto a los hombres, ellos piensan que a pesar del avance tecnológico de los video juegos, prefieren hacer esta actividad en compañía de amigos; para las mujeres, ellas prefieren actividades sociales de mayor interacción con la ciudad, pero en compañía de amigas. En cuanto a la forma en la que prefieren estudiar, al igual que en su vida social, prefieren hacerlo en grupos. Sus principales hobbies son salir con los amigos, rumbear, comer e ir a cine. En cuanto a los museos interactivos pudimos apreciar que todas las personas encuestadas habían ido al museo interactivo de EPM (Eureka) porque el colegio los había llevado en una actividad escolar o porque las familias los habían llevado.

A continuación encontraremos un collage de imágenes del usuario en las que se muestran las características mas predominantes de los adolescentes entre 15 y 18 años.

³ http://www.tesisexarxa.net/TESIS_URV/AVAILABLE/TDX-0324106-111420//10.Jovenesyculturasdels.XXI.pdf

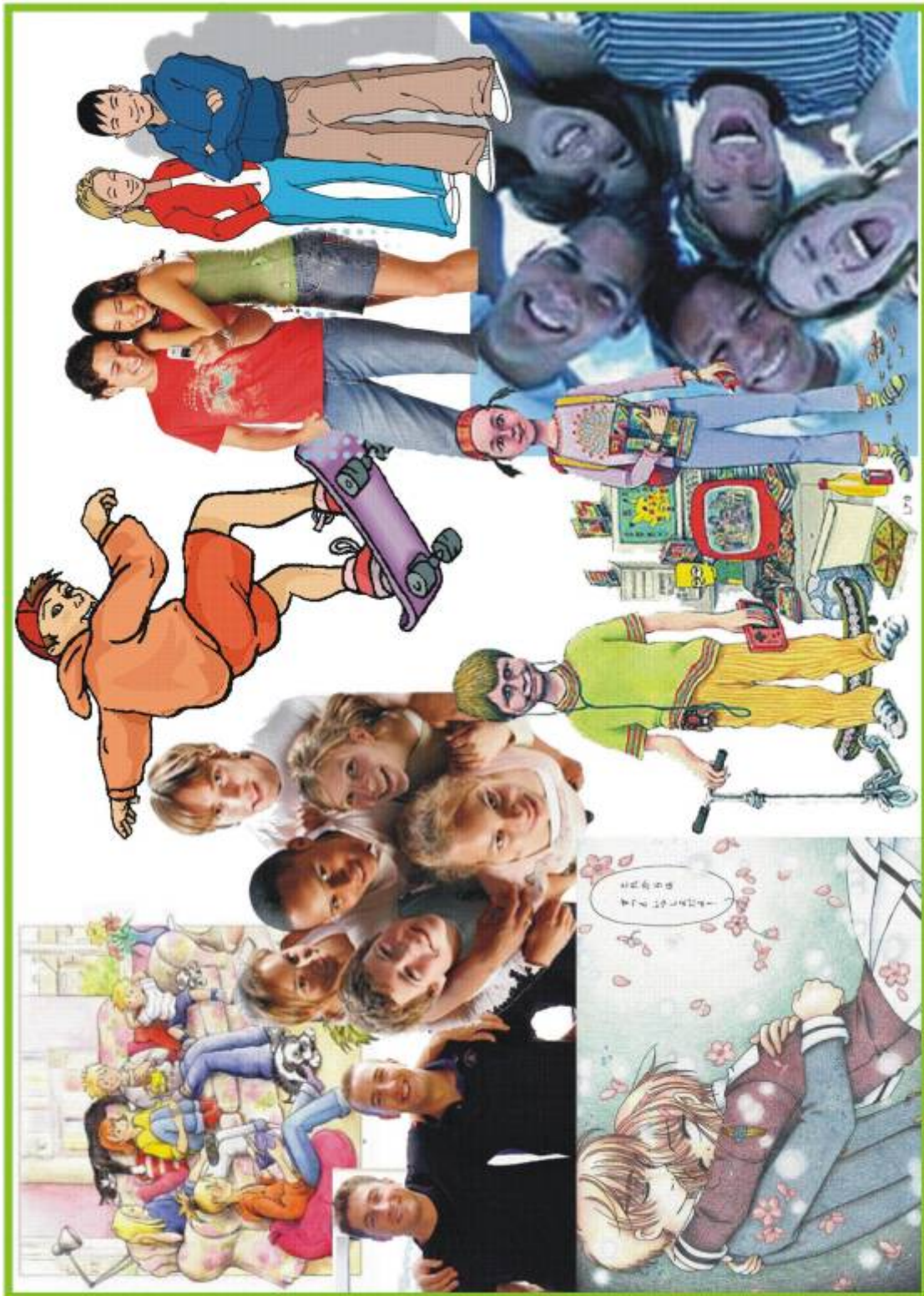
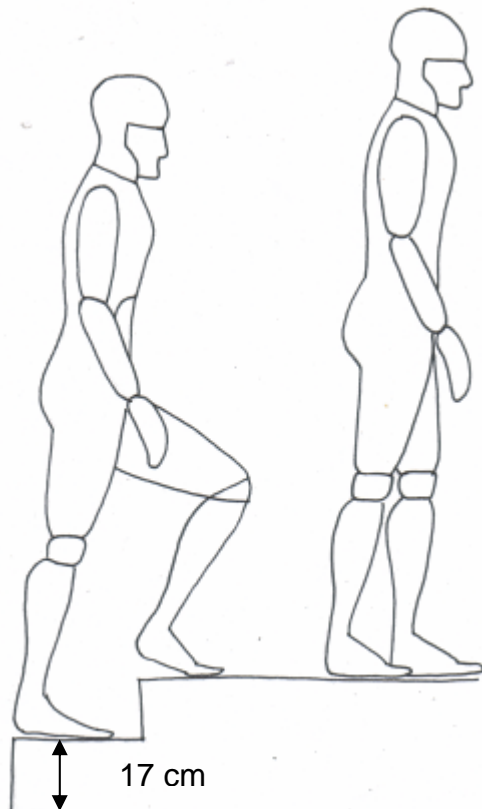


Figura 34. Collage de usuario

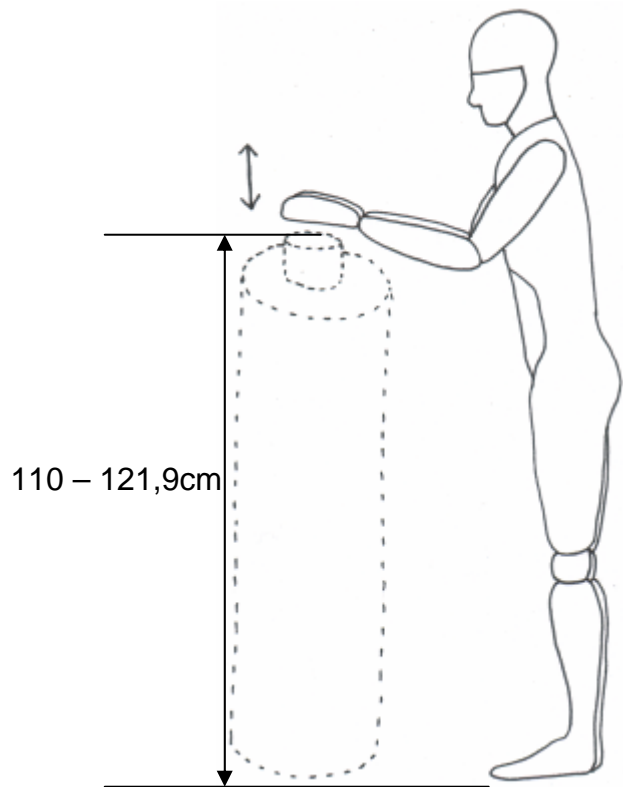
2.3. ANÁLISIS DE ERGONOMÍA

Para darle las formas correctas a la máquina según la antropometría humana, se desarrolla el análisis de Ergonomía, en donde se analizan las posibles posiciones que puede adquirir el cuerpo humano durante la interacción con la experiencia, y además las alturas a las que deben estar los diferentes componentes y las medidas que deben tener para garantizar tanto la comodidad del usuario como su seguridad.



En la figura 35 se analiza la medida que puede tener la experiencia en caso de que exista un escalón en ella, o que sea empotrada en el piso y el usuario deba subir uno o mas escalones para poderla utilizar.

Figura 35. Análisis de Ergonomía:
Escalón



La Figura 36 muestra la medida a la que se deben encontrar los componentes que el usuario deba activar con las manos, tales como botones, palancas, etc.

Figura 36. Análisis de Ergonomía: Altura componentes

En la Figura 37 se analiza la medida que debe tener la experiencia en caso que no sea empotrada en el piso sino que este elevada del suelo para que el usuario interactúe directamente con ella.

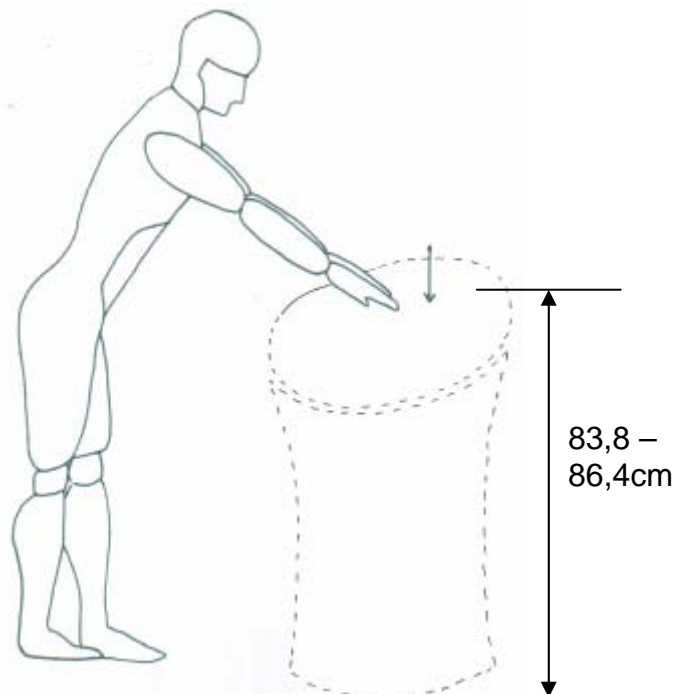
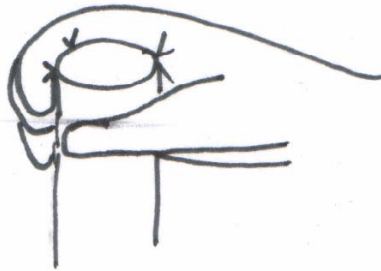


Figura 37. Análisis de Ergonomía: Altura general



En la Figura 38 se analizan las medidas y las posiciones que deben tener algunos componentes que pudiera tener la máquina tales como palancas, manivelas, etc.

Figura 38. Análisis de Ergonomía:
Palancas

CAPITULO 3: DISEÑO CONCEPTUAL

3.1. CAJA NEGRA

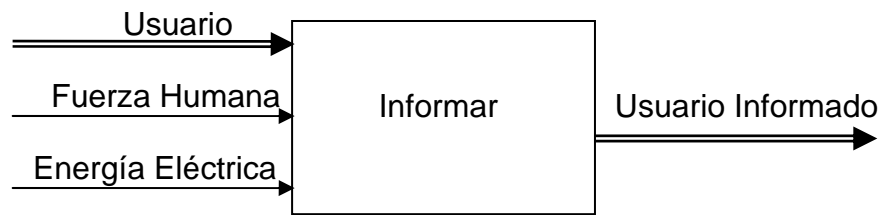


Figura 39. Caja Negra

3.2. ESTRUCTURA FUNCIONAL

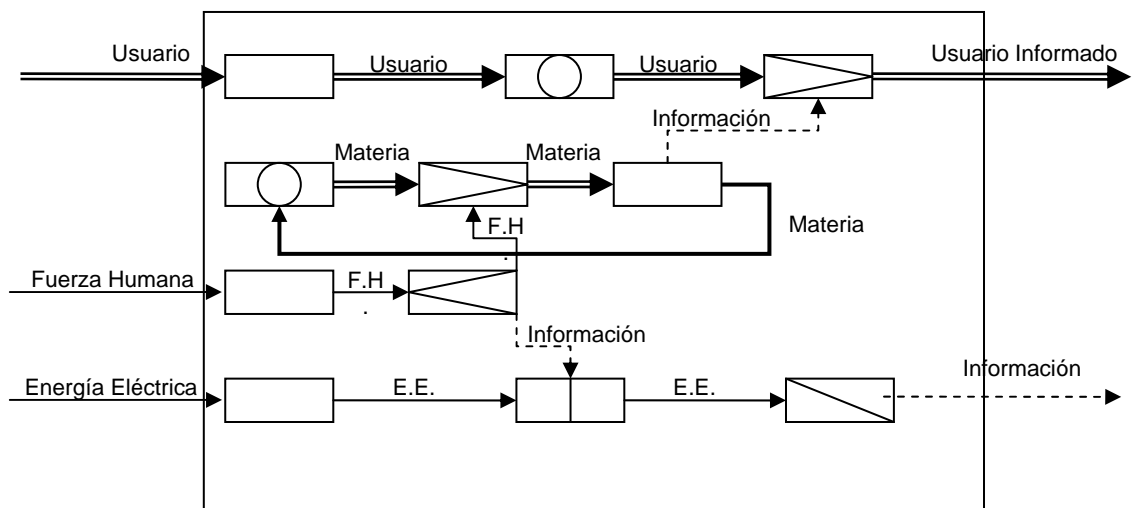





Figura 40. Estructura Funcional

3.3. MATRIZ MORFOLÓGICA

	TEXTO	PANTALLA	DIAGRAMA	SONIDO	LUZ	FLECHAS
SOPORTAR UBICAR USUARIO	ABCDEFGH IJKLMNOPQ RSTUVWXY Z123456789 .,Ç"×~+P? ?&!@V"ª					
ALMACENAR MATERIA	ACRILICO	VIDRIO TEMPLADO	PLASTICO			
						
DEFORMAR MATERIAL	FUERZA HUMANA					
						
TRANSFERIR FUERZA HUM.	ACRILICO	VIDRIO TEMPLADO	PLASTICO			
						

TRANSPORTAR ENERGIA	CABLE					
						
PERMITIR ENERGIA	PULSADOR					
						
MOSTRAR FENOMENO	GLICERINA	ACEITE MOTOS	GEL COLORES	AGUA		
						

Tabla 1. Matriz Morfológica

La matriz morfológica unida a la matriz de evaluación nos muestra los portadores de funciones que llevara la experiencia después de haberlos valorado en cada uno de los criterios que se hacen necesarios para cumplir el PDS. En ubicar usuario el portador que obtuvo mayor puntaje fue la luz, esto hace que la experiencia sea mas divertida y llamativa que si se utilizara alguna otra de las opciones para este portador. Para almacenar era necesario considerar las propiedades mecánicas de los materiales que se usarían, por lo cual el vidrio templado es el mas acertado ya que es mas resistente que el vidrio crudo y sufre menos ralladuras que el acrílico. Para deformar el material se utiliza la fuerza humana, ya que mediante el peso del usuario es que se activa la experiencia. Para permitir el paso de energía el pulsador es el mas indicado porque se activa solo durante el tiempo que se le ejerce presión.

3.4. MATRIZ DE EVALUACIÓN

Para poder encontrar los portadores de función más apropiados para el tipo de máquina que se está desarrollando se elaboró la siguiente Tabla (Tabla 2), en la cual se evalúa cada portador de función, con respecto de cada ítem de correspondiente al PDS, estos son: lúdica, desempeño, ergonomía, mantenimiento, seguridad, costo y materiales.

Para esta evaluación se utilizó una escala de 1 a 5, donde 5 es el mayor puntaje y 1 el menor.

		Transportar – Almacenar (usuario)					Almacenar (materia)			
		Texto	Pantalla	Diagrama	Sonido	Luz	Flechas	Acrílico	Vidrio Templado	Plástico
Lúdica	Llamativo	1	5	2	4	4	1	5	5	4
	Divertido	1	5	2	4	4	2	5	5	5
	Eficiente	3	5	4	3	3	2	5	5	4
Desempeño	Fácil comprensión	2	5	4	4	3	2	NA	NA	NA
	Seguro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	5	4
	Estable	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	5	5
	Permite interacción grupal	1	4	1	3	3	3	5	5	5
	Manipulación Simple	5	4	4	5	5	5	4	3	4
Ergonomía	Utiliza los sentidos	2	5	2	3	3	2	3	3	3
	Cómodo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	5	5

Mantenimiento	Texturas lisas y simples	4	5	4	NA	NA	4	5	5	5
	Fácil limpieza	5	2	5	3	5	5	4	5	4
	Liviano	5	2	5	3	3	5	5	2	5
	Fácil Instalación	5	1	5	3	4	5	5	3	5
	Fácil acceso	5	5	5	4	4	5	5	5	5
	Pieza Comercial	1	4	1	4	4	1	5	5	5
Seguridad	Resistencia al desgaste	4	3	4	4	4	3	4	5	4
	Resistencia a los esfuerzos mecánicos	3	2	3	2	2	3	5	4	3
	Soporta peso de 80kg. Max.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	4	3
Costo	Partes Standard	NA	4	NA	5	5	NA	5	5	5
	Producción en Colombia	5	2	5	4	5	5	5	5	5
	Materiales Colombianos	5	1	5	3	5	5	5	5	5
Materiales	Resistente a cambios de temperatura	5	4	5	4	3	5	3	5	2
	Resistente a cambios de humedad	3	3	3	3	3	3	4	5	4
	Reciclable	5	3	5	3	4	5	5	5	5
Total		3,5	3,5	3,7	3,6	3,8	3,6	4,7	4,5	4,3

		Transportar (materia)			Transportar (fuerza humana)			Transportar (energía)			
		Gel	Glicerina	Aceite de motos	Agua	Acrílico	Vidrio Templado	Plástico	Botón	Palanca	Pulsador
Lúdica	Llamativo	5	3	2	5	5	4	4	3	1	5
	Divertido	5	2	2	5	5	5	4	3	2	5
	Eficiente	5	1	1	5	5	5	5	2	5	3
Desempeño	Fácil comprensión	5	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5
	Seguro	3	4	5	5	5	4	5	3	5	5
	Estable	NA	NA	NA	5	5	5	4	3	5	NA
	Permite interacción grupal	NA	NA	NA	5	5	5	3	4	3	NA
	Manipulación Simple	5	4	3	4	3	4	5	4	5	5
	Utiliza los sentidos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ergonomía	Cómodo	NA	NA	NA	5	5	5	4	3	5	NA
	Texturas lisas y simples	NA	NA	NA	5	5	5	3	2	5	NA
Mantenimiento	Fácil limpieza	NA	NA	NA	4	5	4	4	3	5	NA
	Liviano	NA	NA	NA	5	2	5	4	3	5	NA
	Fácil Instalación	4	2	1	5	3	5	3	2	4	5
	Fácil acceso	NA	NA	NA	5	5	5	5	5	4	NA
	Pieza Comercial	5	5	5	5	5	5	2	2	5	5
Seguridad	Resistencia al desgaste	5	4	5	5	4	5	4	3	3	3
	Resistencia a los esfuerzos mecánicos	NA	NA	NA	4	4	4	4	3	3	NA

Costo	Soporta peso de 80kg. Max.	NA	NA	NA	5	4	3	NA	NA	NA	NA
	Partes Standard	5	5	5	5	5	5	2	2	5	5
	Producción en Colombia	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Materiales Colombianos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Materiales	Resistente a cambios de temperatura	3	4	4	3	5	2	4	4	4	4
	Resistente a cambios de humedad	4	4	5	4	5	4	4	4	3	4
	Reciclable	3	3	5	5	5	5	4	4	2	3
	Total	4,4	3,5	3,6	4,7	4,5	4,5	3,9	3,3	4	4,4

		Transformar (energía)			
		Gel	Glicerina	Aceite de motos	Agua
Lúdica	Llamativo	5	3	2	5
	Divertido	5	2	2	5
	Eficiente	5	1	1	3
	Fácil comprensión	5	2	2	5
	Seguro	3	4	5	5
Desempeño	Estable	NA	NA	NA	NA
	Permite interacción grupal	NA	NA	NA	NA
	Manipulación Simple	5	4	3	5
	Utiliza los sentidos	3	3	3	3

Ergonomía	Cómodo	NA	NA	NA	NA
	Texturas lisas y simples	NA	NA	NA	NA
Mantenimiento	Fácil limpieza	NA	NA	NA	NA
	Liviano	NA	NA	NA	NA
	Fácil Instalación	4	2	1	5
	Fácil acceso	NA	NA	NA	NA
	Pieza Comercial	5	5	5	5
Seguridad	Resistencia al desgaste	5	4	5	3
	Resistencia a los esfuerzos mecánicos	NA	NA	NA	NA
	Soporta peso de 80kg. Max.	NA	NA	NA	NA
Costo	Partes Standard	5	5	5	5
	Producción en Colombia	5	5	5	5
	Materiales Colombianos	5	5	5	5
Materiales	Resistente a cambios de temperatura	3	4	4	4
	Resistente a cambios de humedad	4	4	5	4
	Reciclable	3	3	5	3
	Total	4,4	3,5	3,6	4,4

Tabla 2. Matriz de evaluación

El material que escogimos para las láminas fue el vidrio templado por tener las siguientes propiedades mecánicas:

“Resistencia al impacto: un vidrio templado de 8/10 mm de espesor resiste el choque de una bola de acero de 500gm en caída libre desde una altura de 2m.

Resistencia a la compresión: El peso necesario para pulverizar un cubo de 1cm de lado es del orden de 10.000Kg/cm².

Resistencia a la flexión: La tensión de rotura varía de 1.200 a 2.000 Kg/cm² y la tensión de trabajo es del orden de 500Kg/cm².

Resistencia a la torsión: Ensayo realizado en un volumen de 100x33 cm y 6mm de espesor. Se produce la rotura bajo un ángulo de 27°, equivalente a 180Kg esfuerzo de torsión.

Resistencia a la tracción: Aproximadamente de 1.000Kg/cm².”

(<http://www.reviesa.es/normas.htm>)

Esto nos permite garantizar que el vidrio no se fracturara debido al peso de los usuarios de la experiencia.

En este collage se muestran las emociones más comunes que experimentan los jóvenes entre 15 y 18 años; estas son curiosidad, gusto por compartir con amigos, amor, emoción, tristeza, asombro, felicidad y una gran inclinación por la aventura. La experiencia interactiva que se está desarrollando se enfocará en algunas de estas emociones, principalmente en la curiosidad, el asombro y el gusto por la aventura.

4.2. REFERENTES

El referente escogido para desarrollar el diseño de este producto fueron los corales, gracias a sus formas y a sus colores llamativos. Se hizo una abstracción de sus formas que se repiten de lo micro a lo macro, además se tomó información de los tres grupos de corales, los blandos que no forman esqueletos rígidos, lo cual se muestra en la forma como se acciona la experiencia, es una estructura que se flexa bajo la presión del usuario.

Los corales solitarios definen las celdas individuales donde se mostrará la formación de fractales, y por último, los corales formadores, que necesitan luz brillante, esto se muestra en la luz que debe reflejar la experiencia a través de los líquidos de colores brillantes, para así hacer la experiencia más llamativa para el usuario.

Los puntos expuestos anteriormente se tienen en cuenta para el proceso de diseño de todas las alternativas, sin olvidar los requerimientos del PDS y las necesidades del cliente (Museo Explora) y del usuario (Jóvenes entre 15-19 años).

Otra característica de los corales que fue tomada en cuenta después del proceso de diseño, para la selección de alternativas, fue su composición anatómica: *“Anatómicamente el coral es una estructura muy simple, consta de una capa superficial de tejido vivo formado por pólipos sobre un esqueleto duro, los pólipos están introducidos en cavidades, las cuales se van segmentando a medida que la colonia crece”*.⁴ Esta experiencia muestra cavidades segmentadas o una cavidad donde se ve el fenómeno de la formación de fractales en la celda Helle-Shaw.

Como se dijo anteriormente, los corales se dividen en tres grupos: Los corales blandos tienen espículas de calcio en sus tejidos pero no forman esqueletos rígidos. Como no suelen contener algas, viven bien con una discreta iluminación, pero exigen agua más pura que las anémonas, muy bajas en nitratos y demás compuestos tóxicos. Los corales solitarios no construyen arrecifes aunque pueden construir esqueletos clásicos rígidos. Uno de los más populares pertenece al género *Fungia*, el coral hongo, que forma colonias en las que cada uno de los individuos es un pólipo alargado instalado directamente en el substrato que exhibe coloridos diversos. Los corales formadores de arrecifes son los más difíciles de mantener, exigiendo agua absolutamente pura y en movimiento, además de la luz brillante, para permanecer vivos.



Figura 42. Tipos de corales

⁴ <http://aupec.univalle.edu.co/informes/abril98/corales.html>

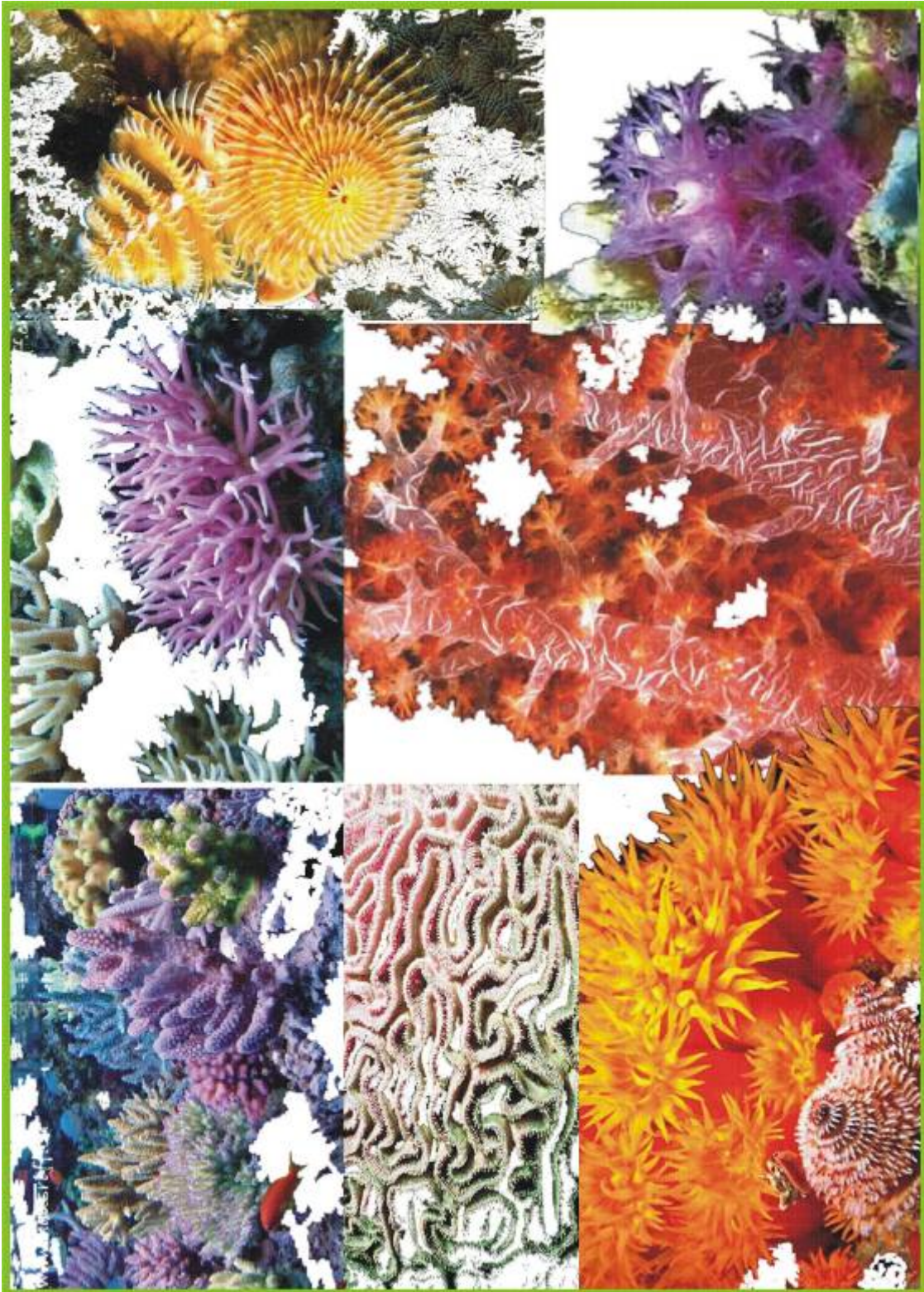


Figura 43. Collage de Referente

CAPÍTULO 5: ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Después de realizar la matriz de evaluación y habiendo seleccionado los portadores de función, se muestran a continuación las alternativas de diseño que cumplen tanto con estas especificaciones como con las del PDS y orientadas al tipo de usuario seleccionado y a las emociones específicas que se quiere despertar en ellos.

5.1. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

5.1.1. Alternativa 1

En la alternativa1 se plantea una experiencia que utilizará el peso de los usuarios para su funcionamiento. Consiste en una serie de láminas de vidrio formando un “tapete” sobre las cuales el usuario se mueve; debajo de estas hay otras idénticas a una distancia de 2mm aproximadamente y entre las dos se encuentra el fluido que será el que le mostrara al usuario la formación de fractales cuando este se ubique sobre cada lámina. Finalmente para hacer mas llamativa la experiencia, cada vez que el usuario se pare sobre una de las laminas se encenderán diferentes bombillos ubicados en diferentes partes debajo del tapete, de esta manera el usuario no solo vera en el suelo el fenómeno, sino que además será iluminado con los colores del fluido que serán de diferentes en cada lamina.

En la Figura 44 se puede apreciar mejor esta alternativa, y a continuación, en las Figuras 45 y 46, los bocetos realizados durante su desarrollo.

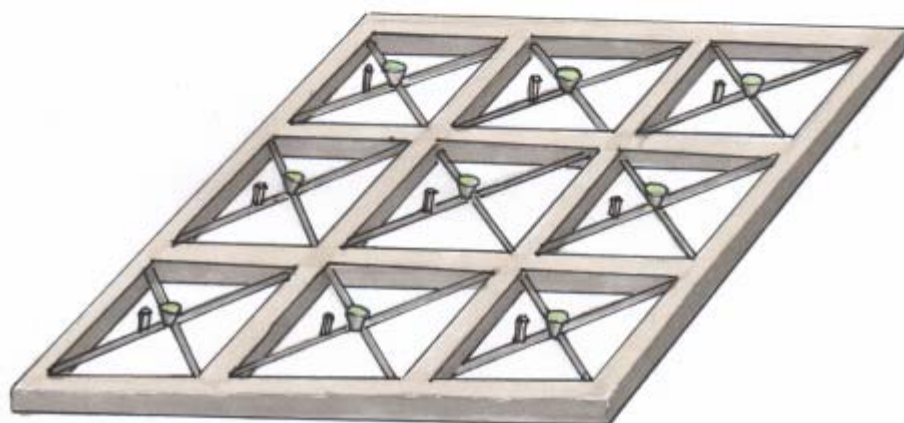


Figura 44. Render alternativa 1

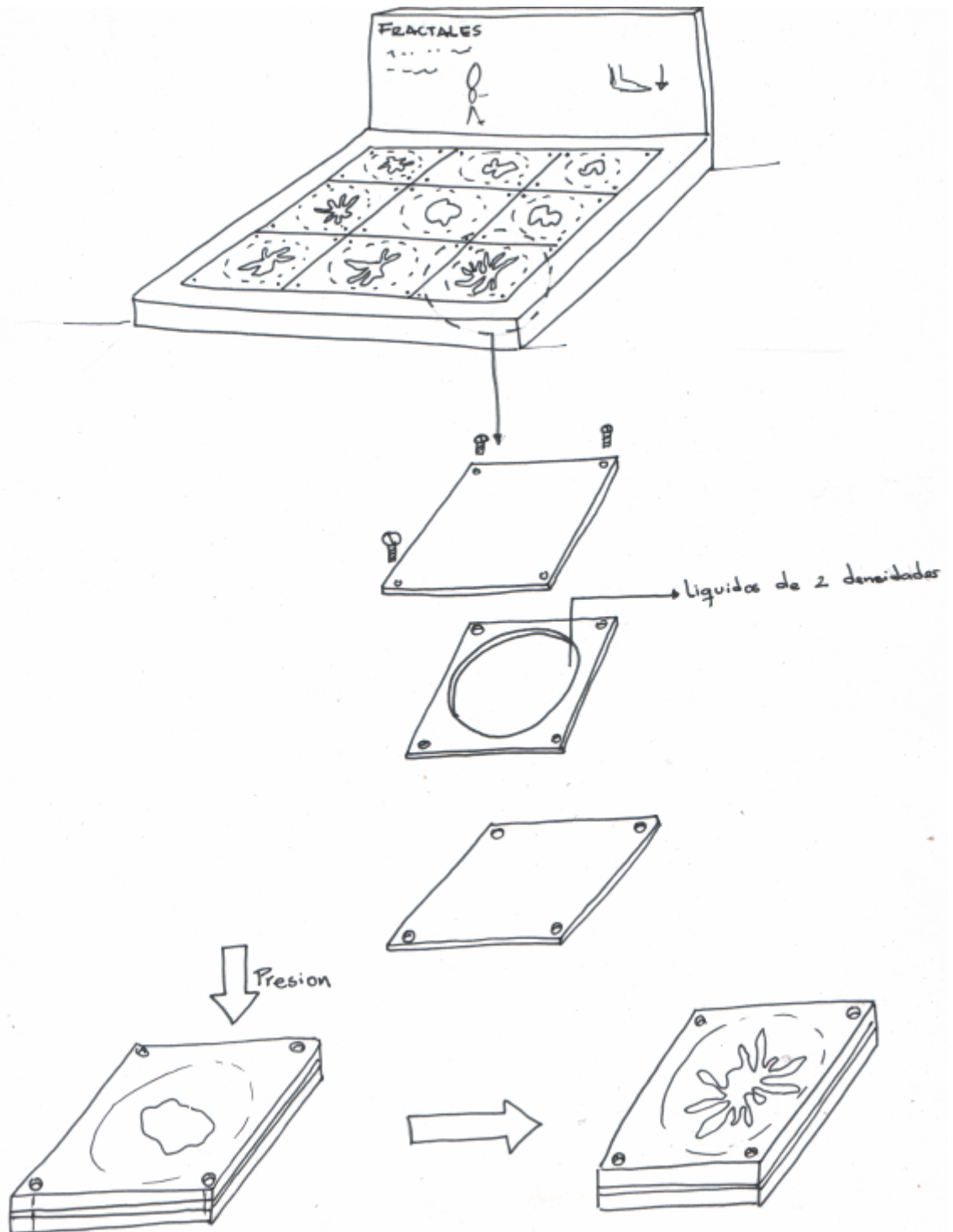


Figura 45. Bocetos alternativa 1

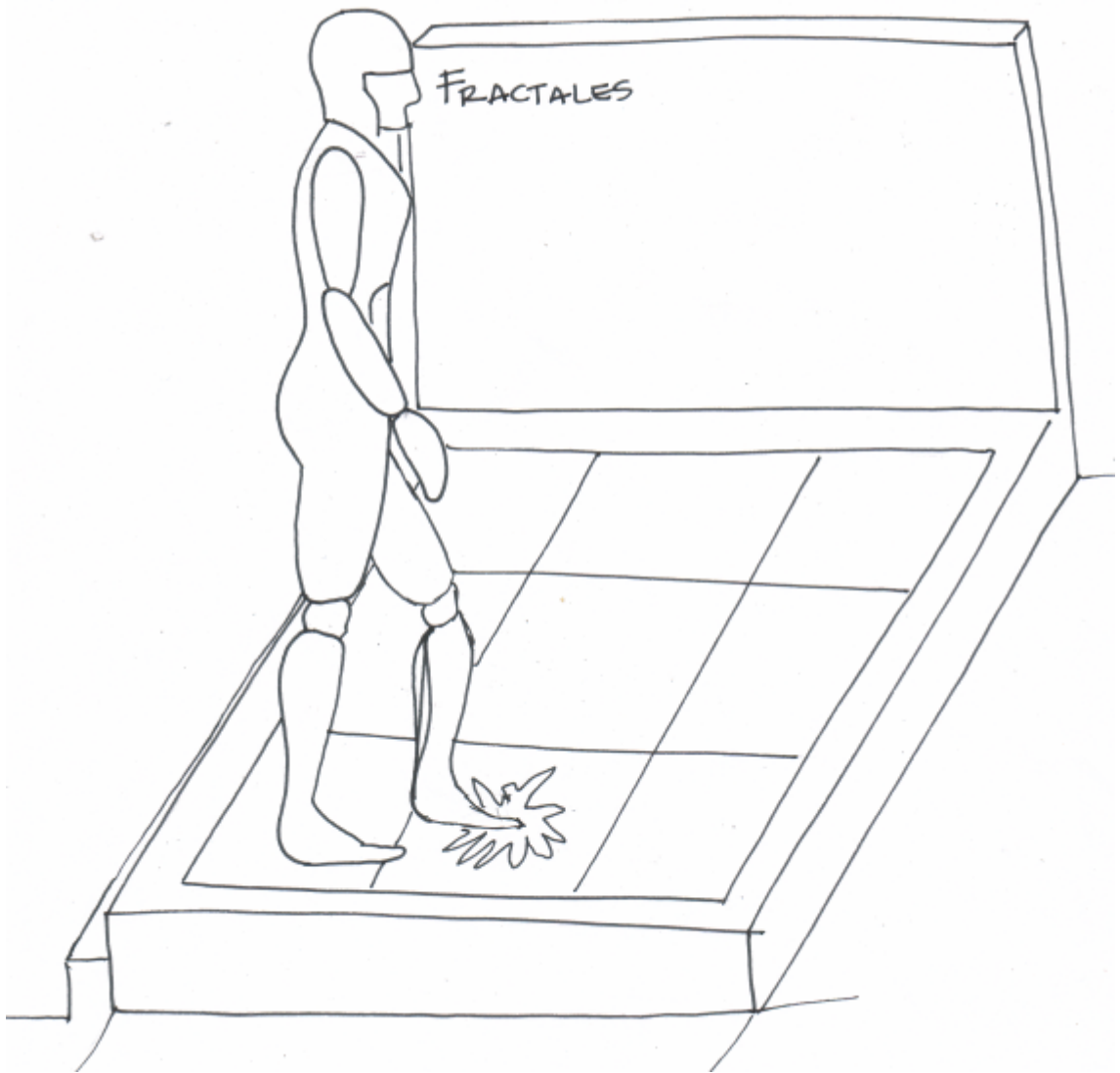


Figura 46. Boceto con el usuario alternativa 1

5.1.2. Alternativa 2

La alternativa 2 que se presenta en la Figura 47 también funciona utilizando el peso del usuario, pero esta vez no de forma directa. Su funcionamiento es similar al de una báscula. El usuario activa la experiencia al ubicarse sobre los indicadores de caucho, mediante un sistema de palancas, este peso es transferido hasta la parte superior donde se produce un movimiento vertical hacia arriba de una lámina de vidrio que hace presión sobre otra que se encuentra fija. Al igual que en la alternativa 1, en medio de las dos laminas se encuentra el fluido que finalmente mostrará el fenómeno de los fractales al usuario. En las Figuras 48 y 49 se pueden ver los bocetos que se hicieron durante el desarrollo de esta alternativa.



Figura 47. Render alternativa 2

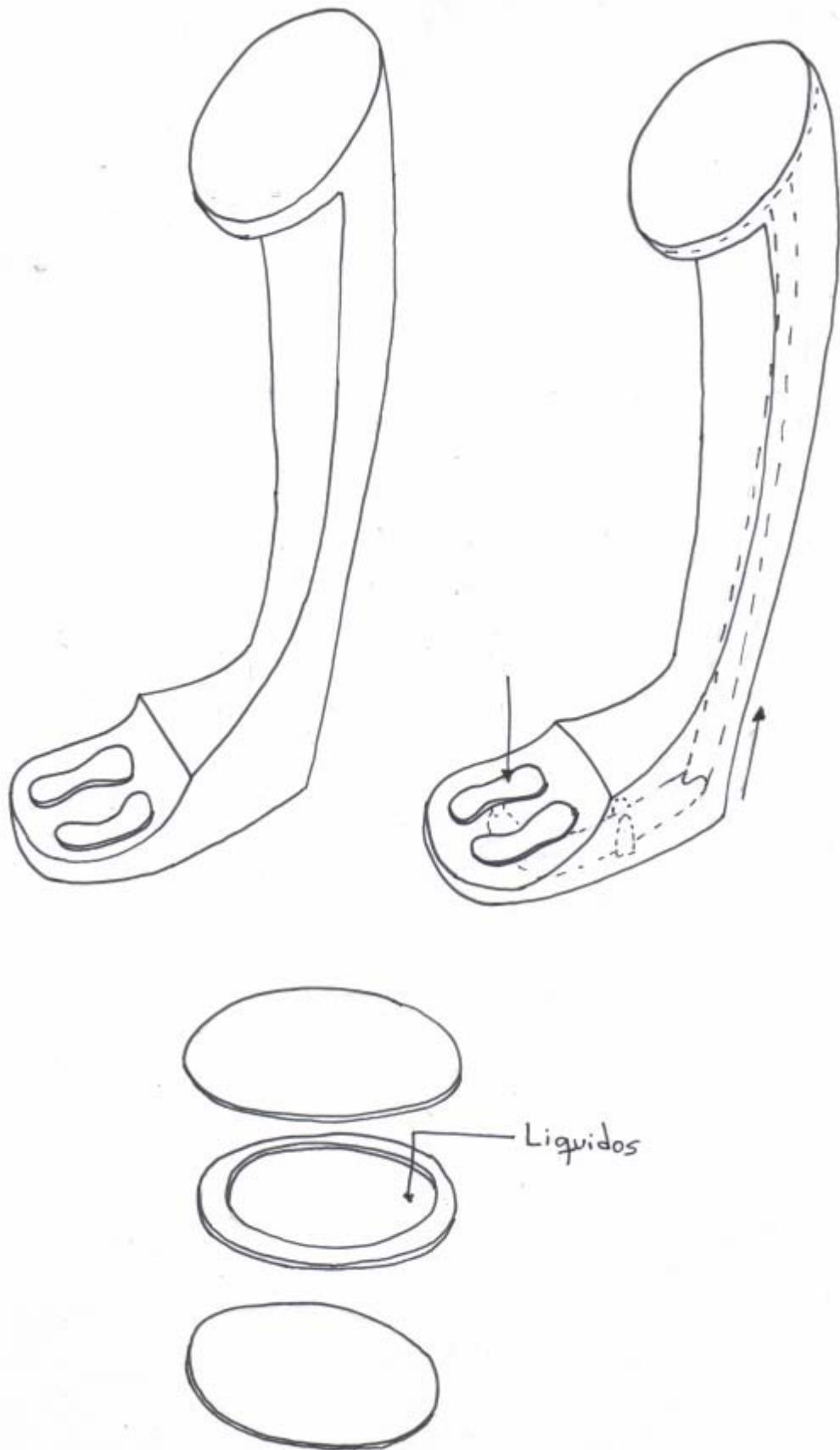


Figura 48. Bocetos alternativa 2

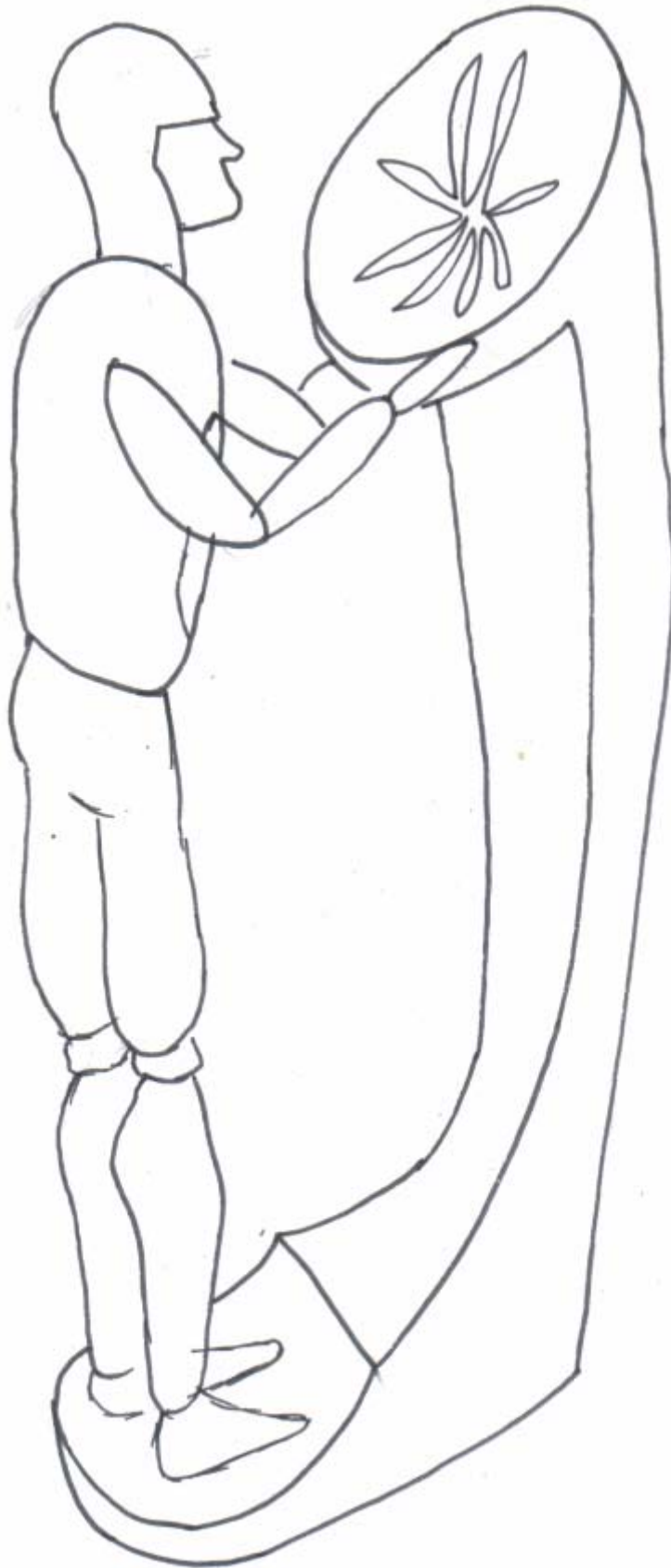


Figura 49. Boceto con el usuario alternativa 2

5.1.3. Alternativa 3

Al igual que en las anteriores, en esta alternativa también se utiliza el peso del usuario, pero en este caso el fluido no se encuentra contenido entre dos láminas planas. Esta alternativa consiste en un tanque de vidrio templado con pared doble en donde esta contenido el fluido. La experiencia se activa cuando el usuario se ubica sobre una superficie horizontal que se encuentra en la parte superior del tanque, que, ante el peso del usuario se empieza a mover verticalmente hacia abajo ejerciendo presión sobre el líquido que se encuentra en el fondo del tanque y haciéndolo subir por las paredes formándose las figuras fractales. En la Figura 50 se observa más claramente esta alternativa; luego en las Figuras 51 y 52 se pueden observar los bocetos desarrollados para el diseño de esta.

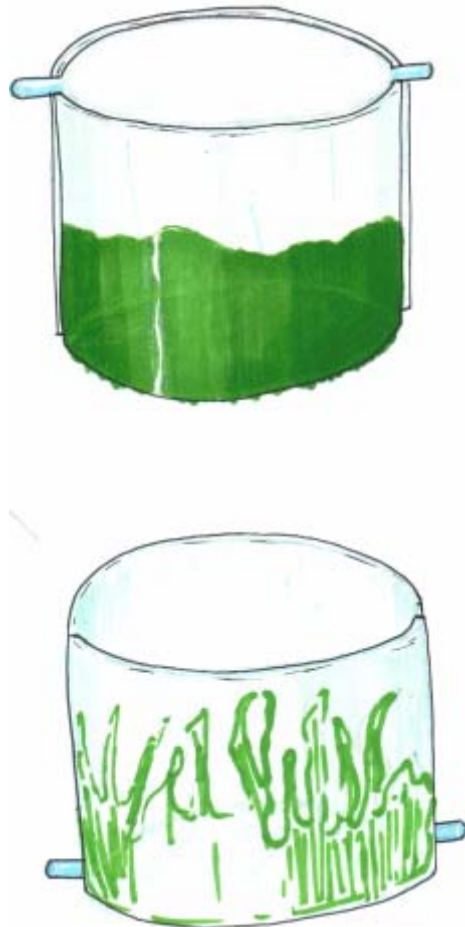


Figura 50. Render alternativa 3

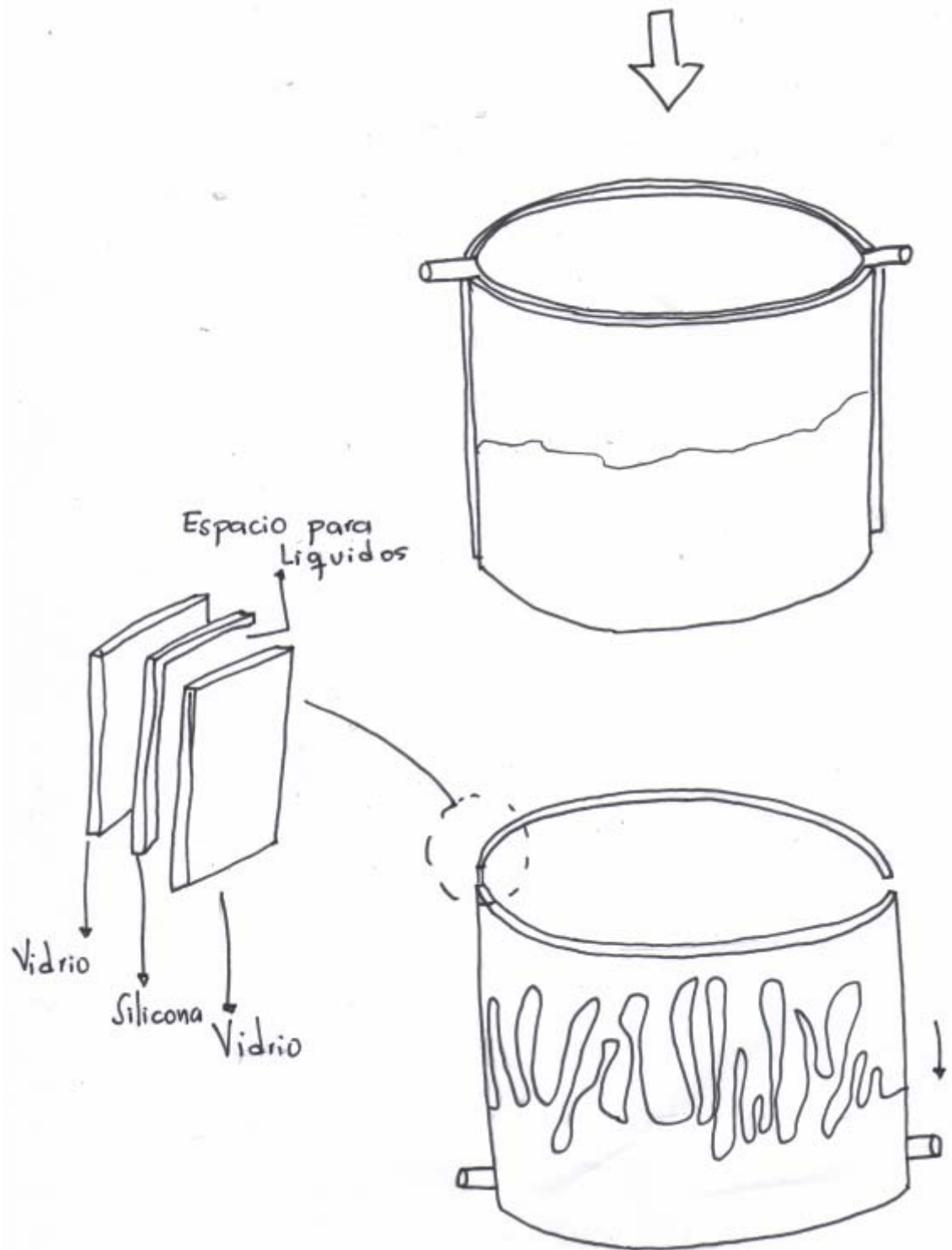


Figura 51. Bocetos alternativa 3

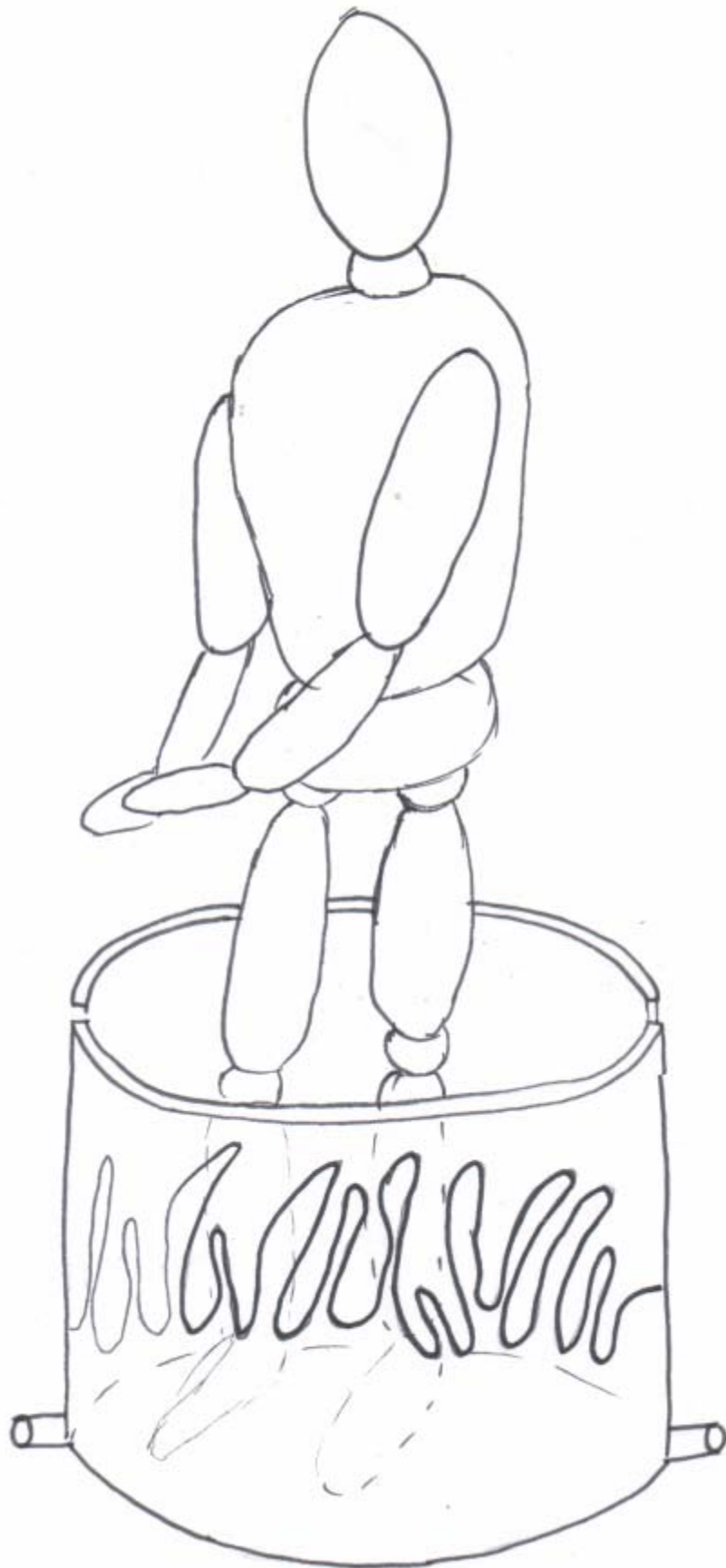


Figura 52. Boceto con el usuario alternativa 3

5.1.4. Alternativa 4

Esta alternativa tiene el mismo principio de la alternativa 1, pero aquí se muestra la teoría de los fractales no solo mediante el fluido que contiene sino también mediante la forma de la máquina como tal. Esta alternativa plantea una opción en la cual el usuario solo ve un gran vidrio polarizado con divisiones, cuando el usuario se ubica sobre una división, una luz que se encuentra debajo de esa sección del vidrio se enciende mostrándole al usuario las formas generadas por el fluido y queda encendida para que cuando el usuario recorra todas las secciones pueda ver la forma que se hace cuando todas las secciones se encuentran encendidas. A continuación en la Figura 53 se puede observar mas claramente esta alternativa, y en las Figuras 54 y 55 los bocetos desarrollados.

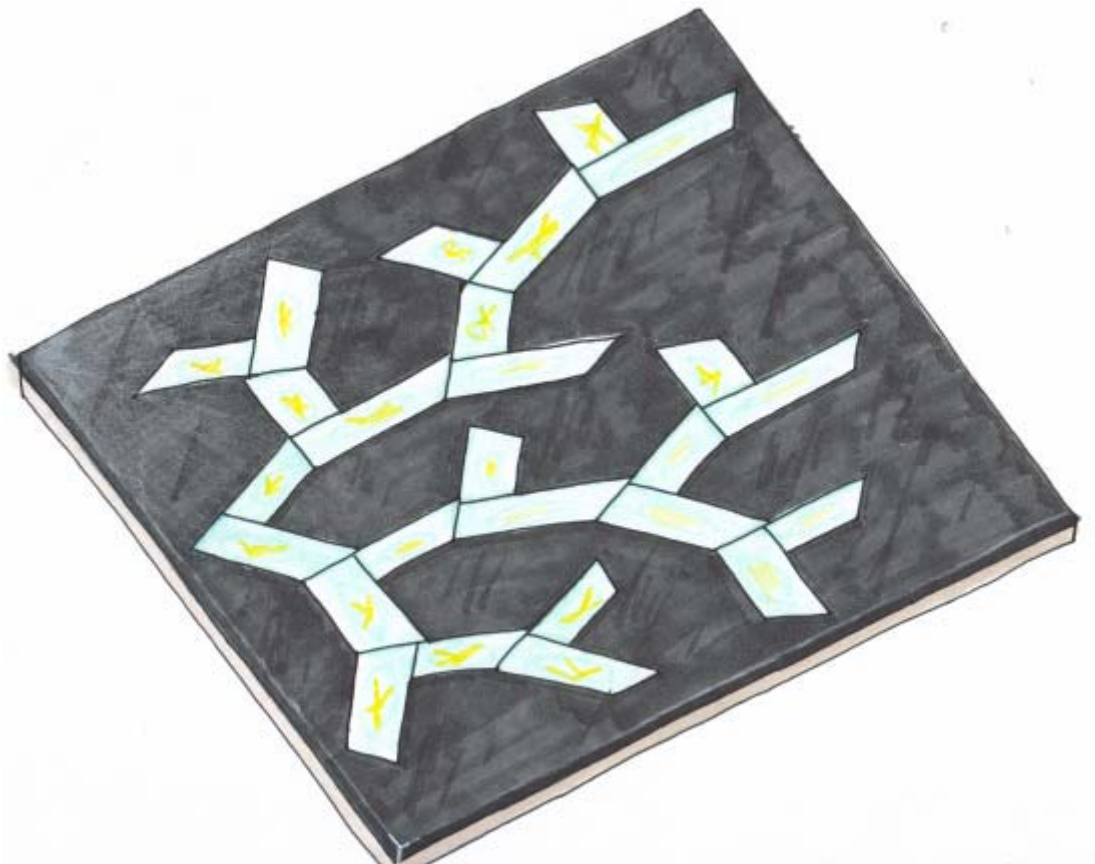


Figura 53. Render alternativa 4

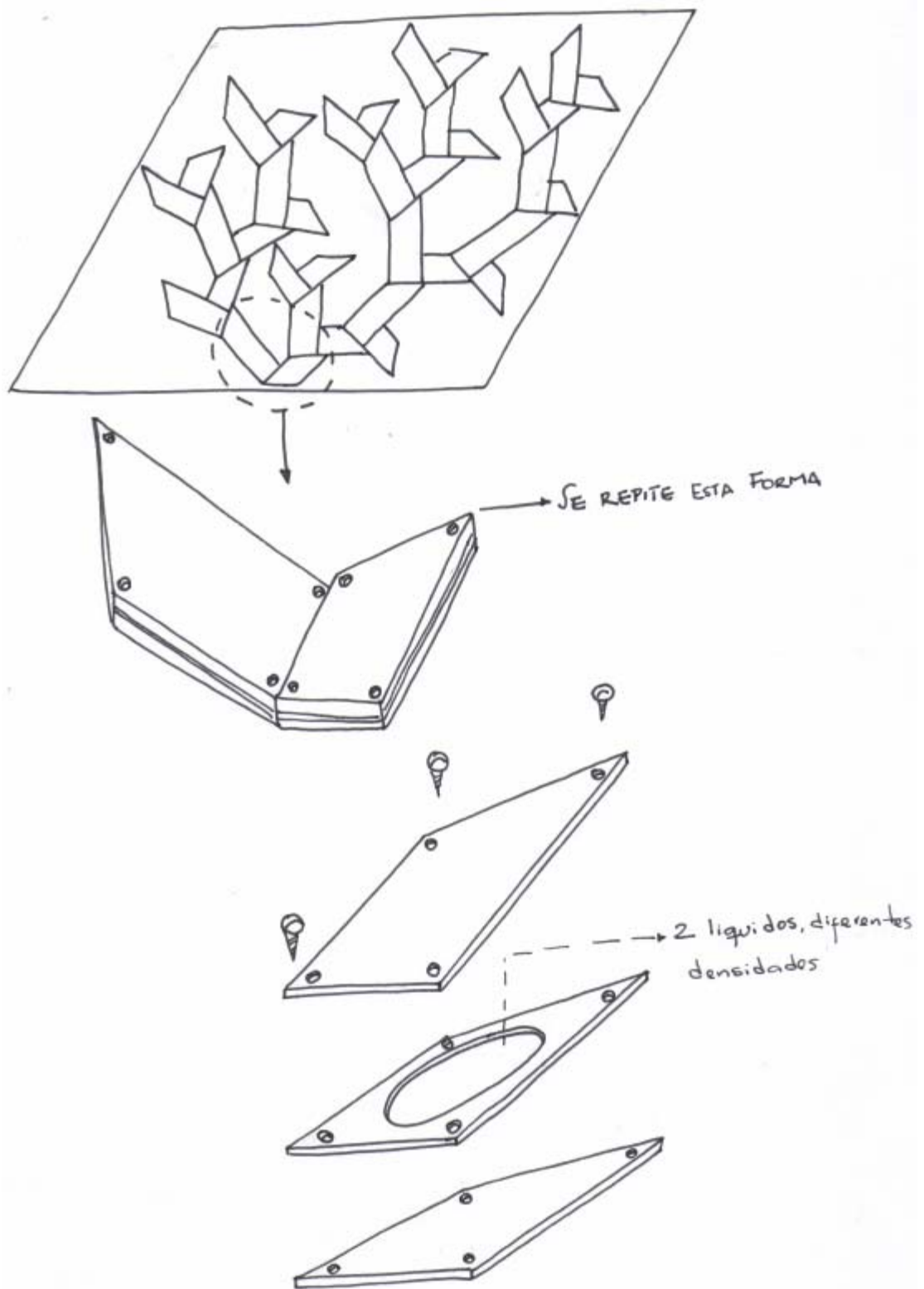


Figura 54. Bocetos alternativa 4

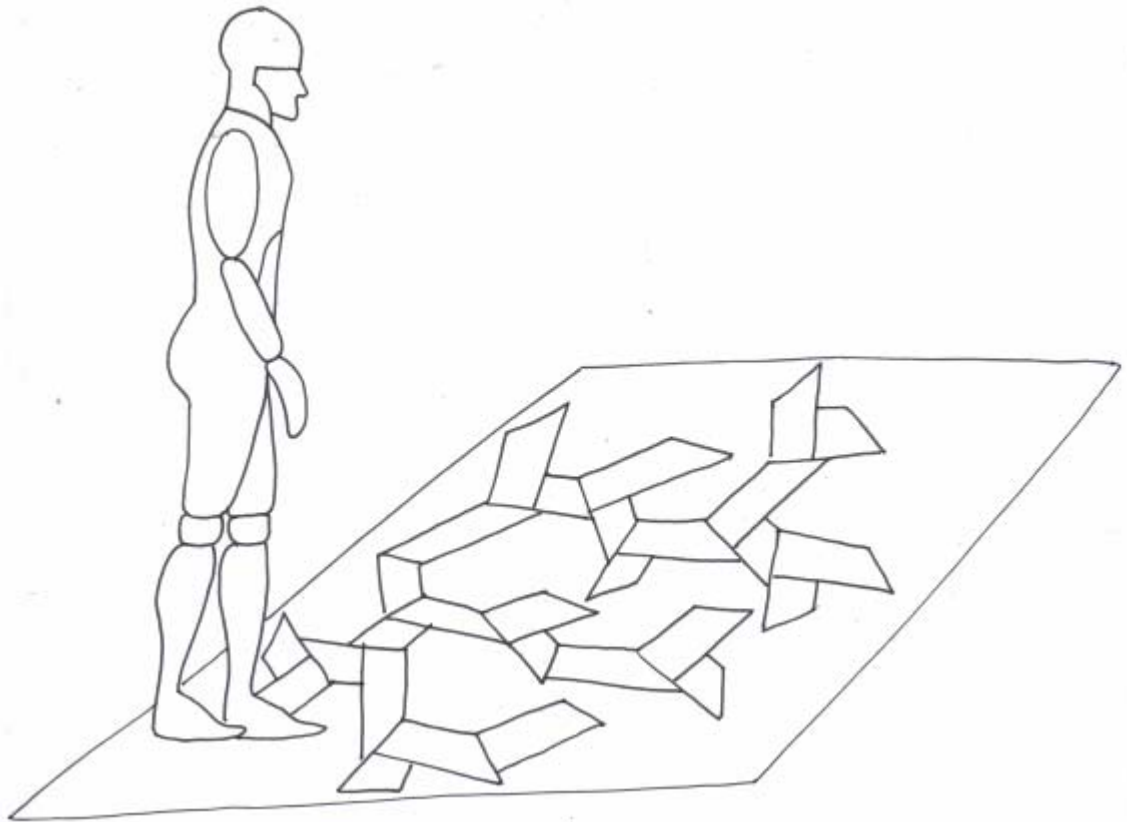


Figura 55. Boceto con el usuario alternativa 4

5.1.5. Alternativa 5

Como se puede observar en la Figura 56 esta alternativa se asemeja a la alternativa 2 y utiliza el mismo principio, pero a diferencia de la 2, esta no utiliza el peso del usuario para su funcionamiento, sino que utiliza un botón el cual el usuario debe presionar para que las dos laminas de vidrio entre las que esta contenido el liquido se unan y formen las figuras fractales. En las Figuras 57 y 58 se pueden observar los bocetos desarrollados para esta alternativa.



Figura 56. Render alternativa 5

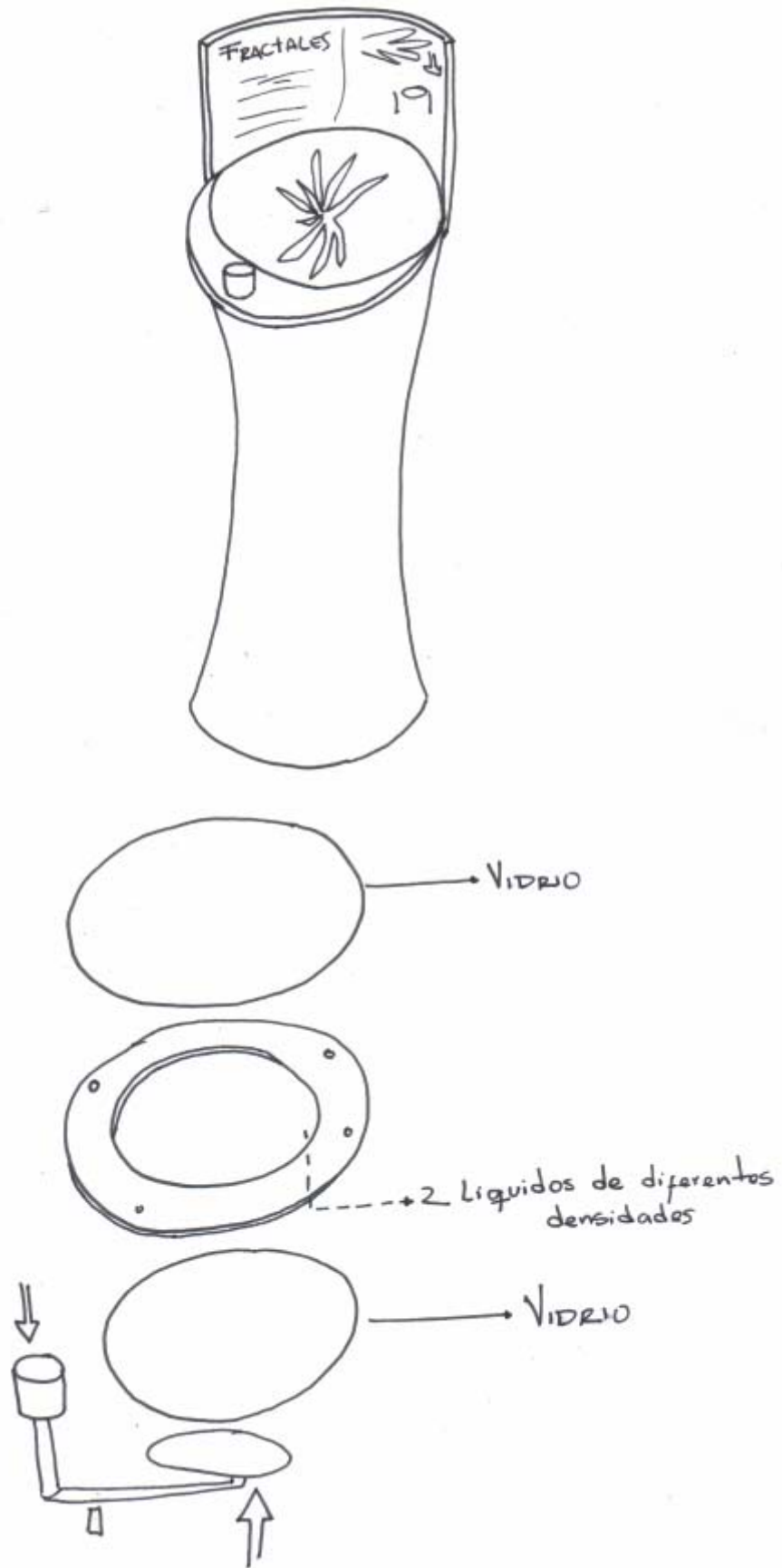


Figura 57. Bocetos alternativa 5

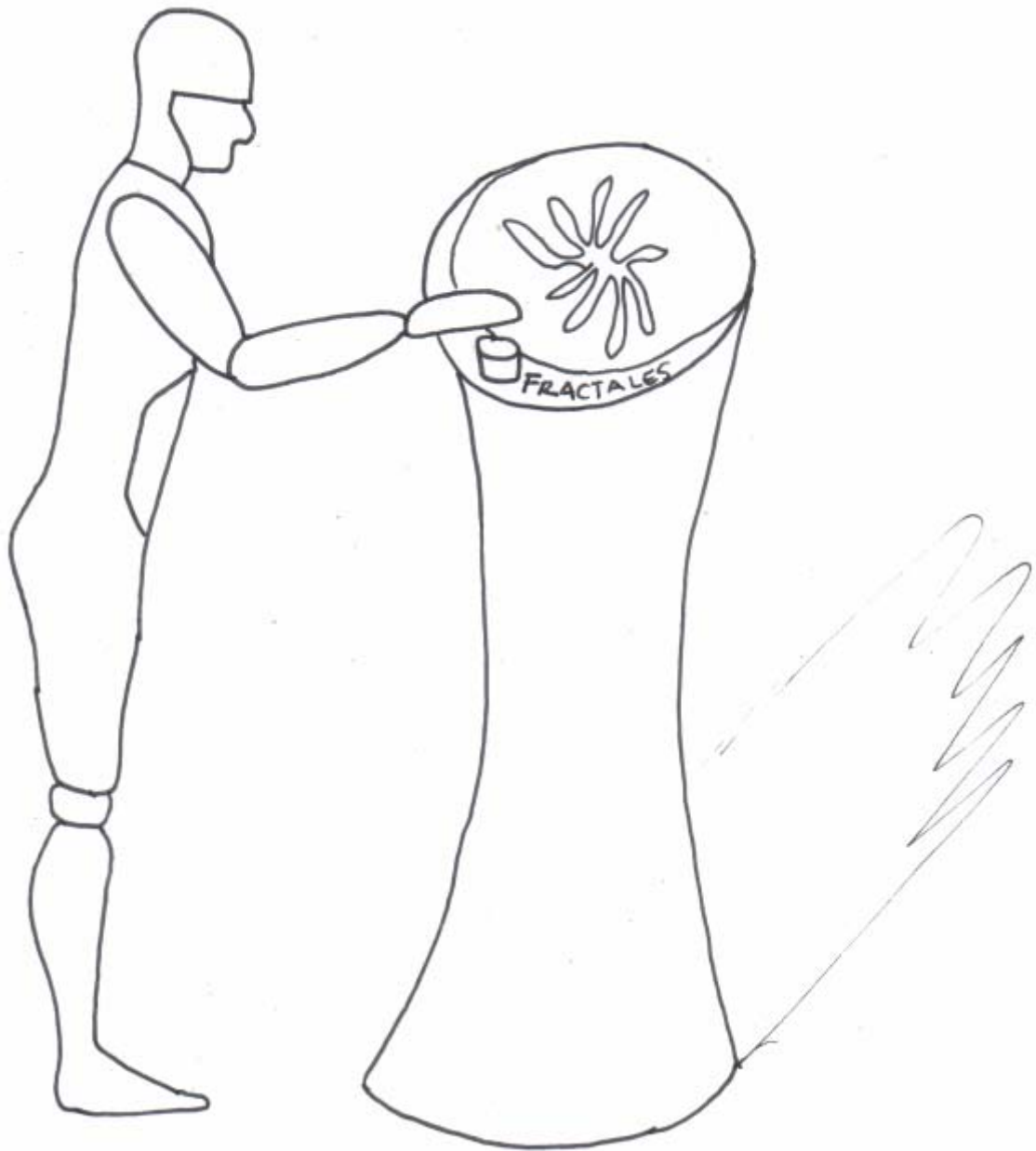


Figura 58. Boceto con el usuario alternativa 5

5.1.6. Alternativas de elementos de comunicación

Para lograr una buena comunicación con el usuario, la experiencia debe ir acompañada de un elemento comunicativo que le indique como debe interactuar con esta de una forma simple y preferiblemente gráfica. Además de esto puede contener información básica sobre el fenómeno que representa. En las figuras 59, 60 y 61 se muestran las opciones mas adecuadas para el ambiente de la sala dentro del Parque.

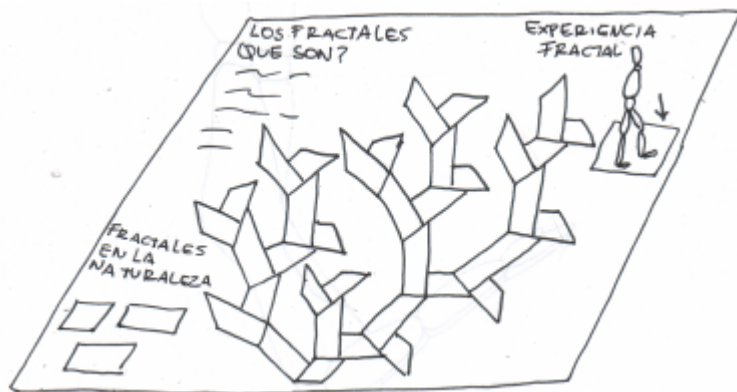


Figura 59. Elemento de comunicación integrada a la experiencia

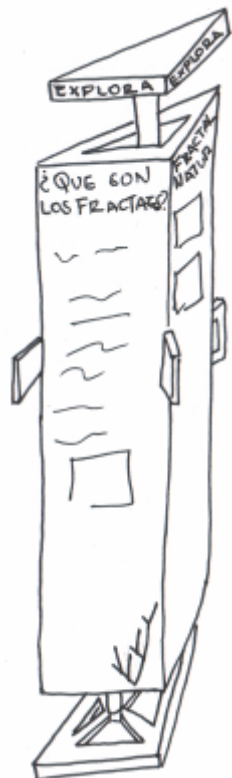


Figura 60. Elemento de comunicación: Tótem



Figura 61. Elemento de comunicación: Pared

- INSTRUCCIONES DE USO:

¿QUÉ SON LOS FRACTALES?

Los fractales son objetos geométricos cuya estructura básica se repite a diferentes escalas.

Los fractales se encuentran en la naturaleza:

Las nubes 

 Las montañas

El sistema circulatorio 

 Las líneas costeras

Los copos de nieve 

EXPERIENCIA FRACTAL



CAMINA SOBRE LOS VIDRIOS Y DESCUBRE DIFERENTES FORMAS FRACTALES

Figura 62. Instrucciones de Uso

5.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para evaluar las alternativas anteriores se utilizaron los siguientes criterios, basados en los requerimientos que se especifican en el PDS. Estos criterios tienen el mismo valor, es decir, todos tienen el mismo grado de importancia:

1. No incluye más de 5 repeticiones de movimientos de muñeca codo y hombro.
2. En el proceso de la experiencia se mantiene la columna vertebral en una posición recta.
3. Realización del juego motriz libre, sin necesidad de instrucciones dadas por un tercero.
4. Texturas lisas y simples.
5. Utiliza los sentidos táctil y visual.
6. Posibilidad de uso en lugares húmedos, calientes y secos
7. Tamaño máximo de: 200mmx200mmx200mm
8. Tiene min. 2 texturas diferentes.
9. Tiene formas con ángulos rectos que concuerden con la estética de la sala.
10. Son claras las funciones que desempeña la experiencia para el usuario
11. Fácil manipulación, que la experiencia se active con un movimiento sencillo del usuario, que solo deba hundir un botón o mover una palanca.
12. El tamaño de la máquina no limita la interacción del usuario
13. Sus formas ayudan a la explicación del fenómeno

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos por cada una de las alternativas en los criterios anteriormente nombrados. La puntuación va de 1 a 5, siendo 5 la mayor y 1 la menor.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
1.	5	5	5	5	4
2.	5	5	5	5	5
3.	5	3	2	5	2
4.	5	5	5	5	5
5.	3	3	2	4	3
6.	5	5	5	5	5
7.	5	5	5	4	5
8.	3	5	3	5	5
9.	5	2	1	5	2
10.	5	5	4	5	5
11.	5	5	5	5	5
12.	5	5	5	5	5
13.	1	1	1	5	1
TOTAL	4,4	4,2	3,7	4,8	4

Tabla 3. Evaluación de alternativas

Como se puede observar en la Tabla 3, la alternativa 5 obtuvo el mayor puntaje, es decir, cumple mejor con los requerimientos dados, por lo tanto es esta la seleccionada para ser desarrollada.

5.3. ALTERNATIVA FINAL

Una vez seleccionada la alternativa se desarrolla el render final procurando que los materiales se vean lo mas reales posible.



En la Figura 63 que aparece a continuación, se puede observar la imagen de este render para la experiencia seleccionada.



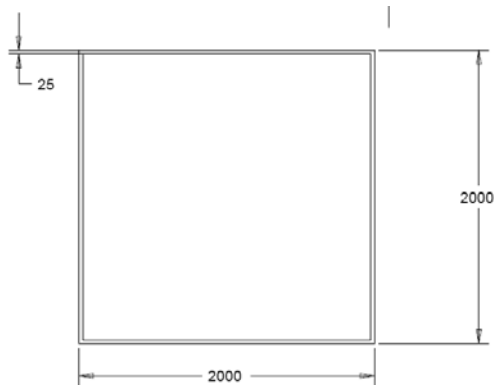
Figura 63. Render Final

CAPÍTULO 6: CORPORIFICACIÓN

6.1. CARTAS DE PROCESO



PROYECTO DE GRADO									
NOMBRE DE LA PIEZA		PRESENTADO POR:		NOTA					
				0	1	2	3	4	5
Soporte		Andrea Lineros							
FECHA:	Diciembre 2007	Roxana Gonzalez							
REVISADO POR:									
				HOJA DE PROCESOS No.1					
				MATERIAL: Acero 1020					
PLANO ANEXO									
No.	Croquis	Operación	Maquina	Herramienta					
1		Corte	Cortadora	Sierra Radial Corte					
2		Soldadura	Soldador	Electrodo					




PROYECTO DE GRADO						
NOMBRE DE LA PIEZA		PRESENTADO POR:		NOTA		
Marco		Andrea Lineros		0	1	2
FECHA:	Diciembre de 2007	Roxana Gonzalez				
REVISADO POR:						
				HOJA DE PROCESOS No.2		
				MATERIAL: Acero 1020		
PLANO ANEXO						





No.	Croquis	Operación	Maquina	Herramienta
1		Corte	Cortadora	Sierra Radial Corte
2		Soldadura	Soldador	Electrodo




PROYECTO DE GRADO										
NOMBRE DE LA PIEZA		PRESENTADO POR:			NOTA					
					0	1	2	3	4	5
Vidrio Pequeño		Andrea Lineros								
FECHA:	Diciembre de 2007	Roxana Gonzalez								
REVISADO POR:										
					HOJA DE PROCESOS No.3					
					MATERIAL: Vidrio Templado					
PLANO ANEXO										
No	Croquis	Operación	Maquina	Herramienta						
1		Corte	Cortadora	Punta de Tungsteno						

<p>2</p>		<p>Diamantado</p>	<p>Rectilínea</p>	<p>Disco</p>
<p>3</p>		<p>Perforado</p>	<p>Taladro Vertical</p>	<p>Broca</p>

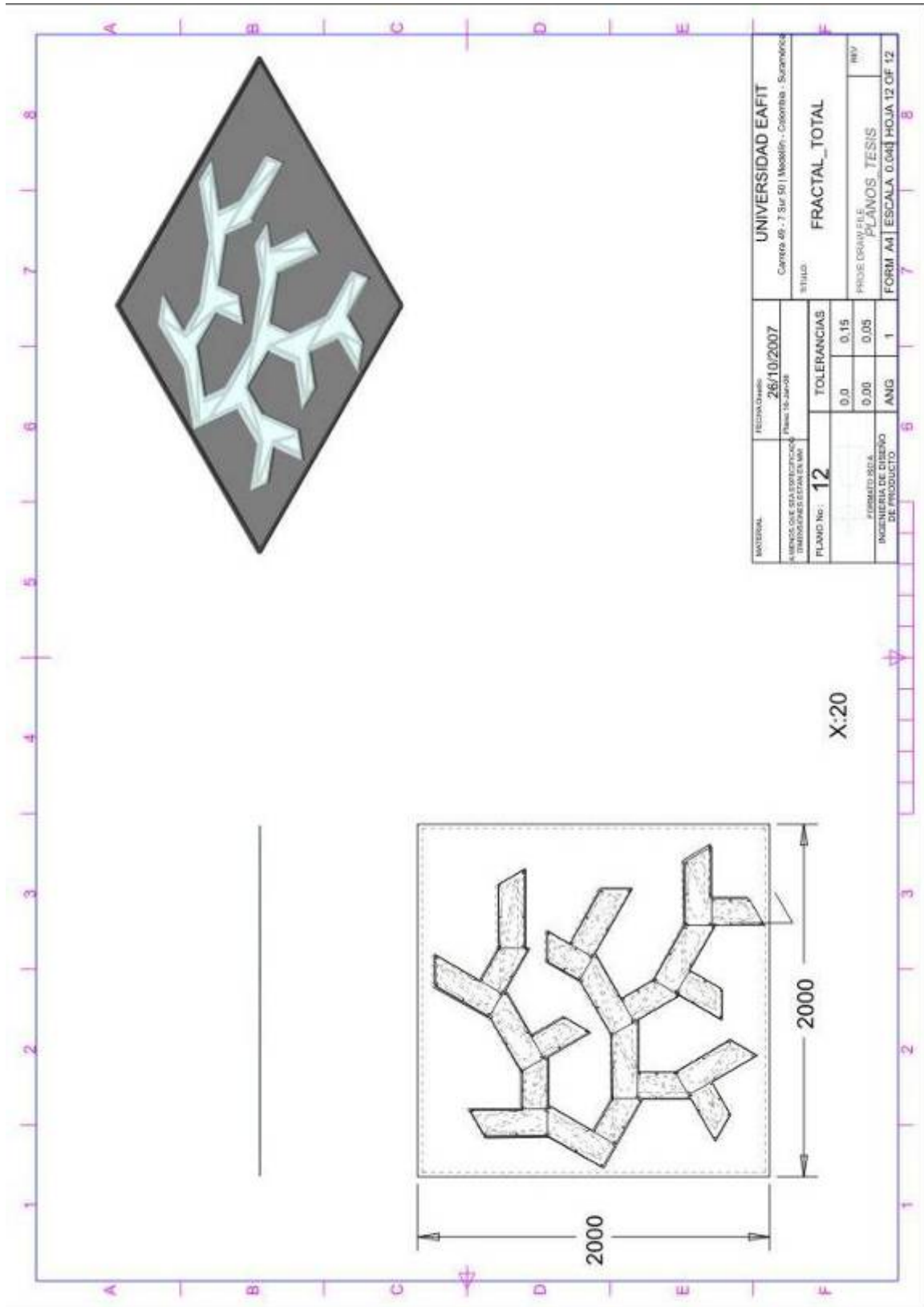
				
4		Lavado	Lavadora	Chorros de agua y de aire
5		Termoformado	Horno termoformador	Resistencias y chorros de aire

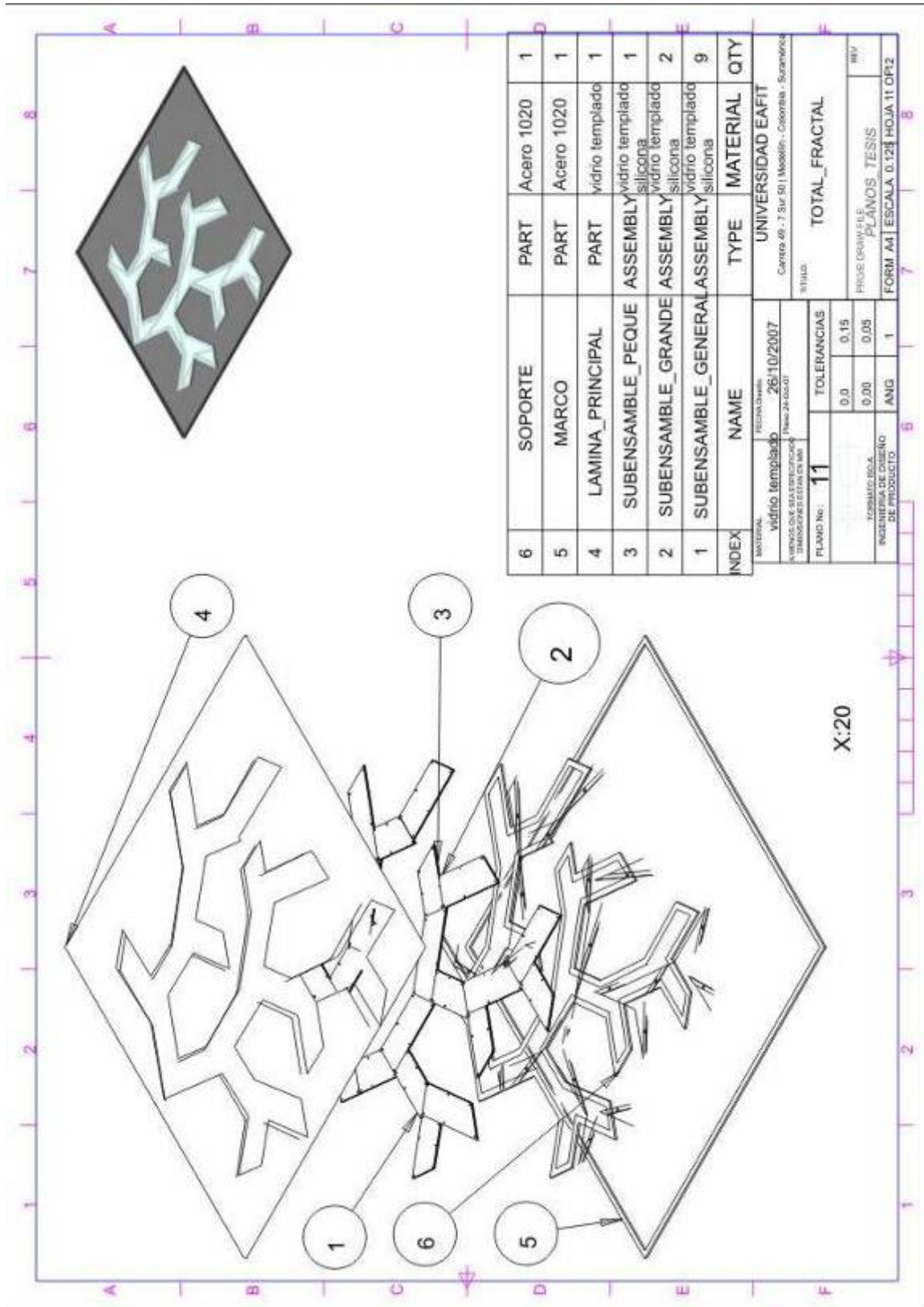
PROYECTO DE GRADO						
NOMBRE DE LA PIEZA		PRESENTADO POR:		NOTA		
				0	1	2
Vidrio Grande		Andrea Lineros				
FECHA:	Diciembre de 2007	Roxana Gonzalez				
REVISADO POR:						
				HOJA DE PROCESOS No.4		
				MATERIAL: Vidrio Templado		
PLANO ANEXO						
No.	Croquis	Operación	Maquina	Herramienta		
1		Corte	Cortadora	Punta de Tungsteno		

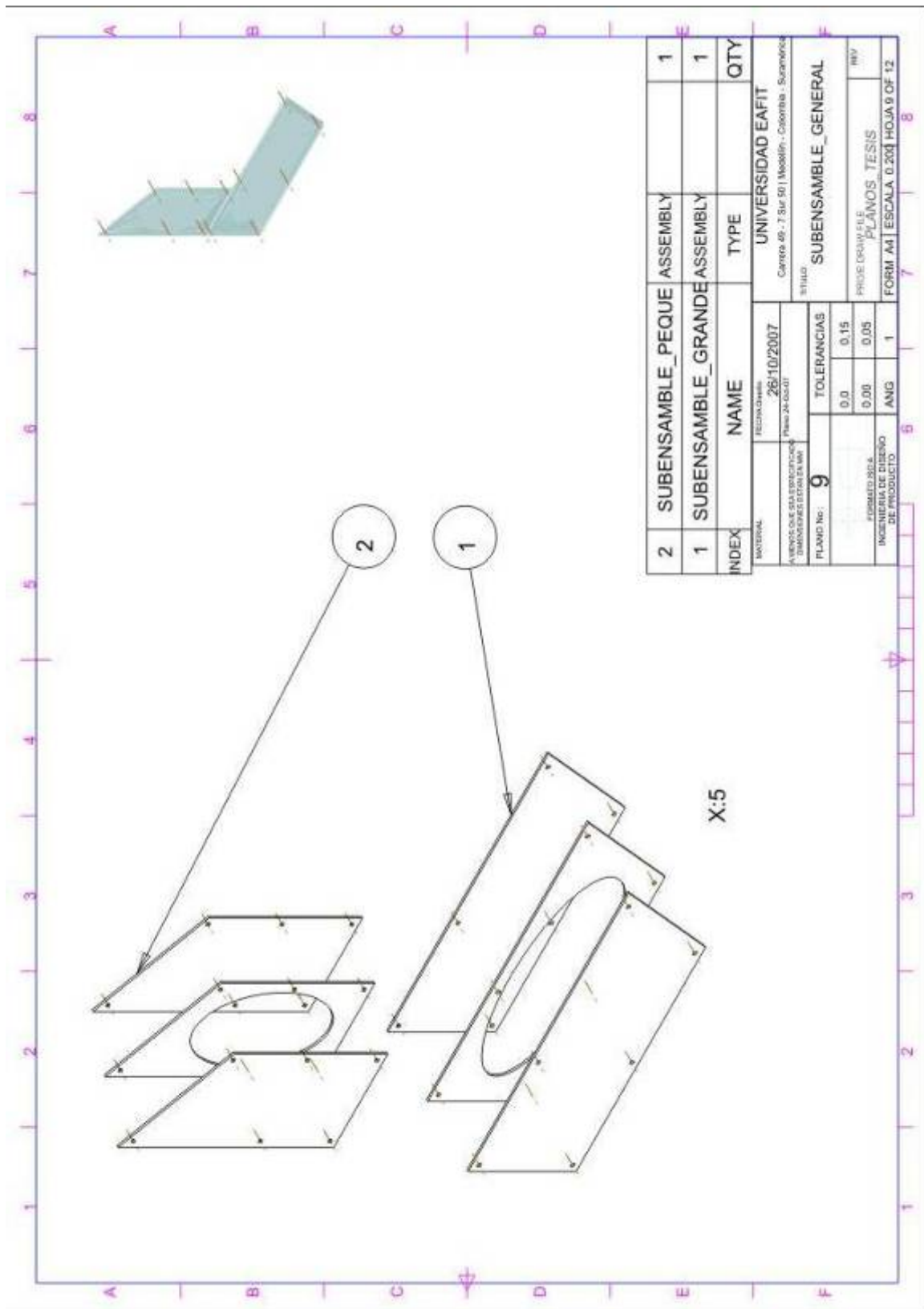
<p>2</p>		<p>Diamantado</p>	<p>Rectilínea</p>	<p>Disco</p>
<p>3</p>		<p>Perforado</p>	<p>Taladro Vertical</p>	<p>Broca</p>

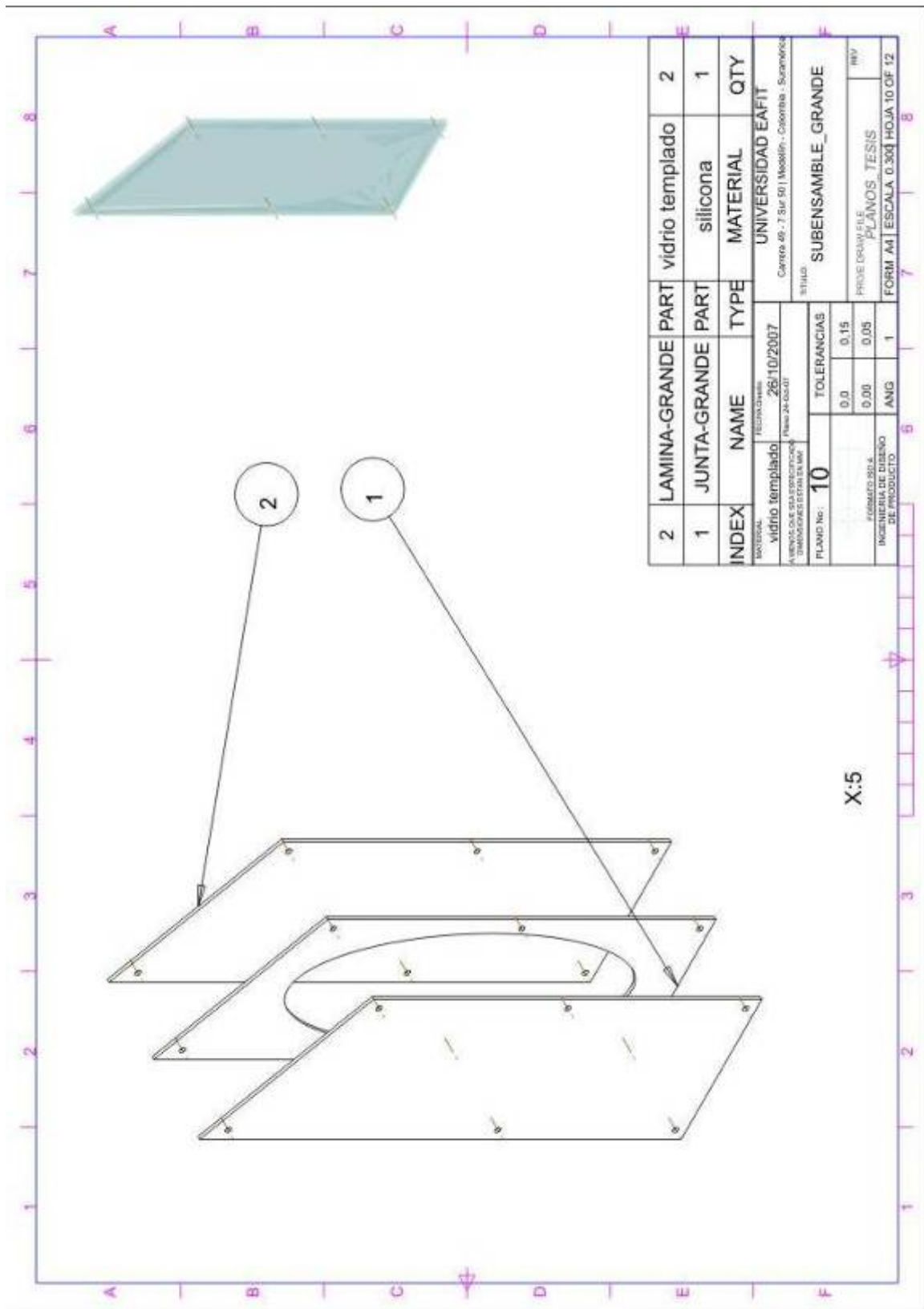
				
4		Lavado	Lavadora	Chorros de agua y de aire
5		Termoformado	Horno termoformador	Resistencias y chorros de aire

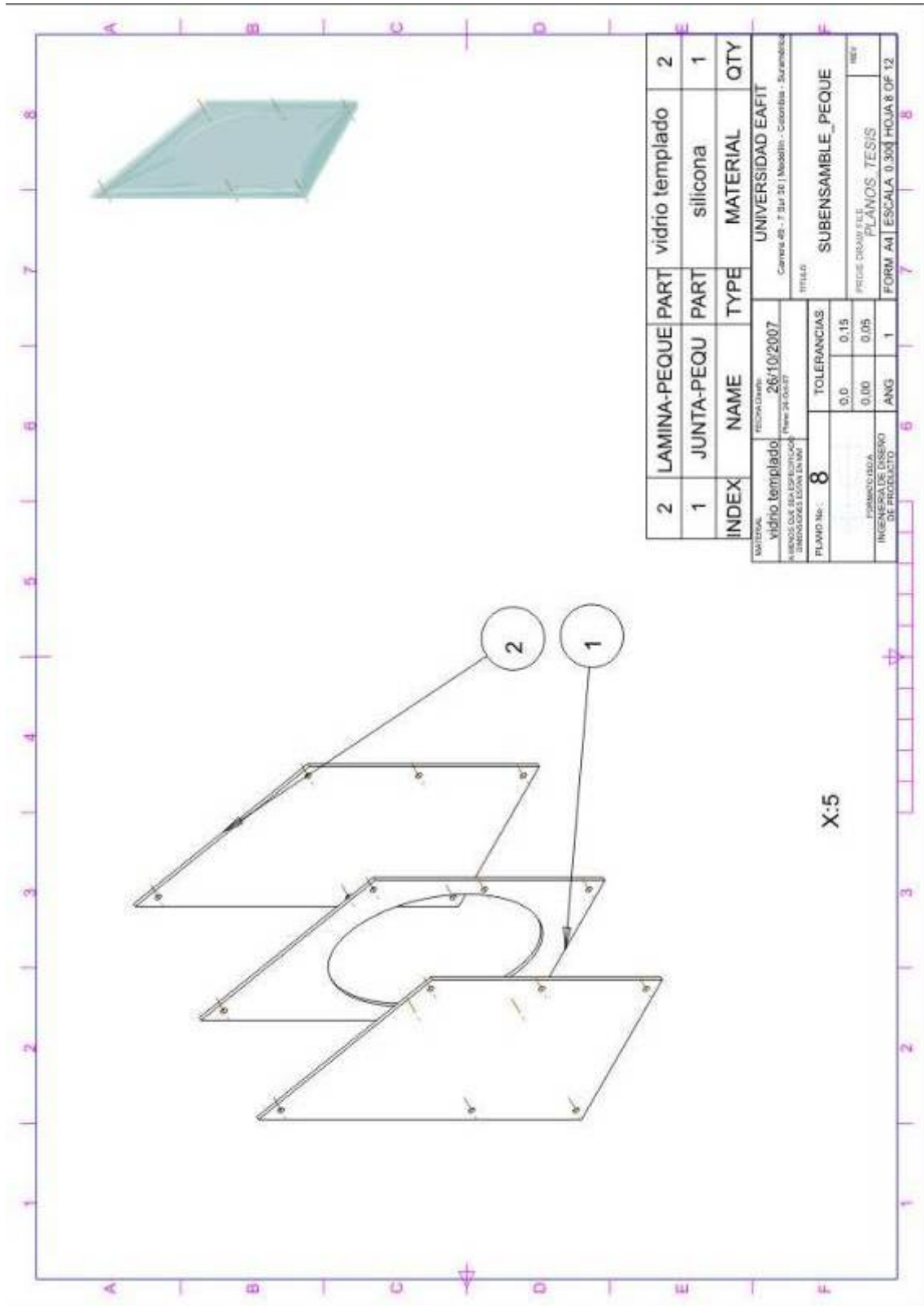
6.2. PLANOS DE ENSAMBLE



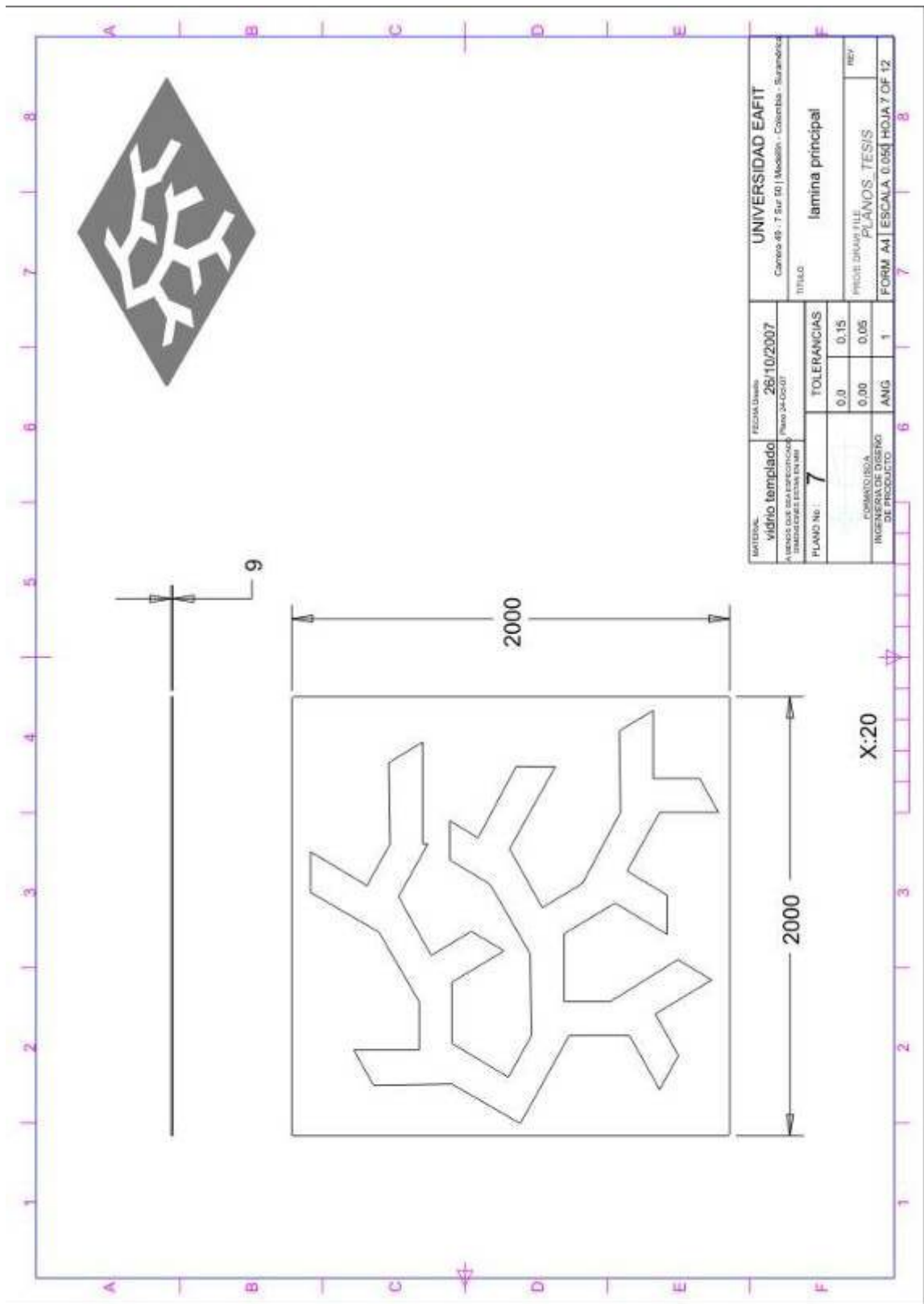


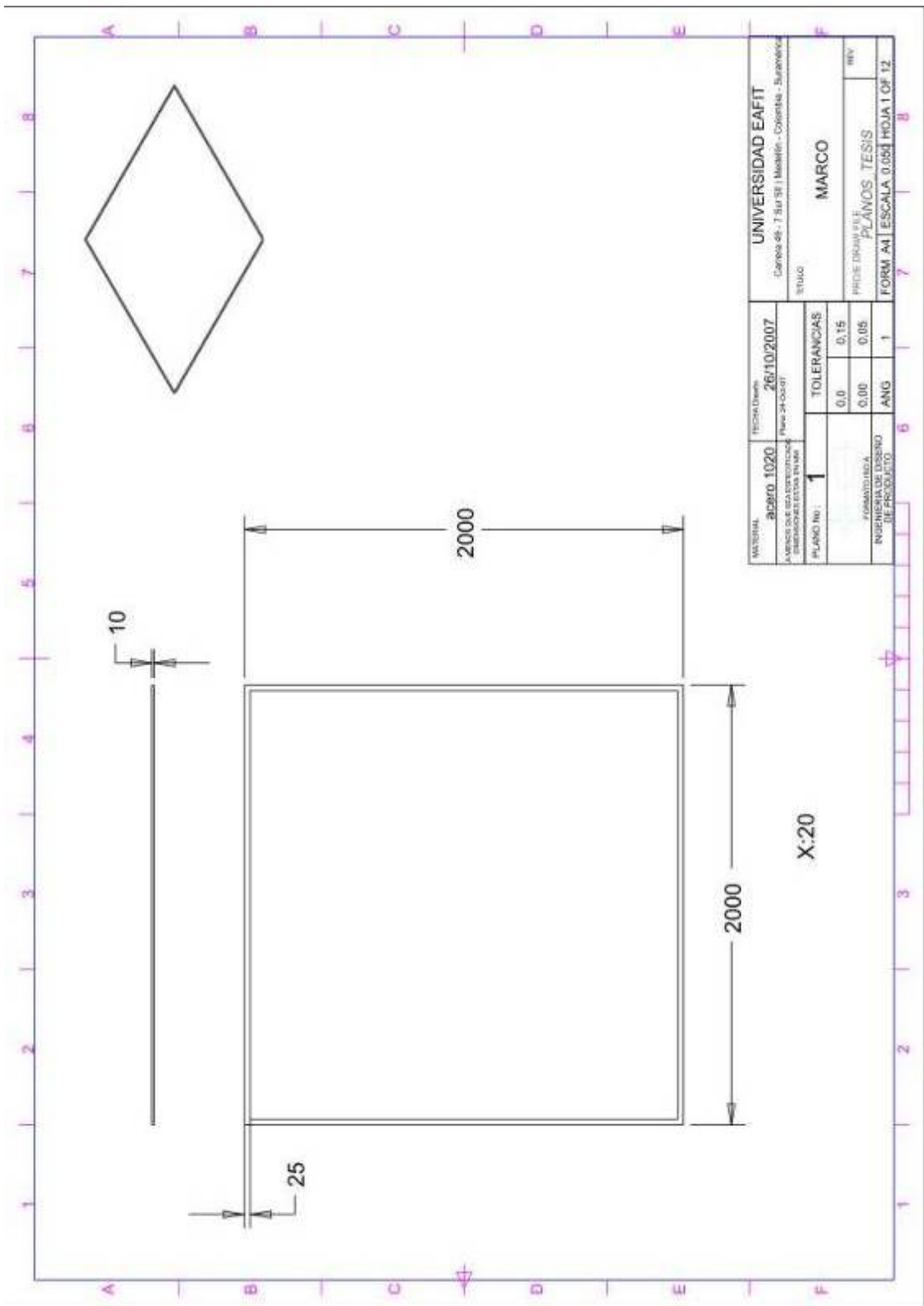


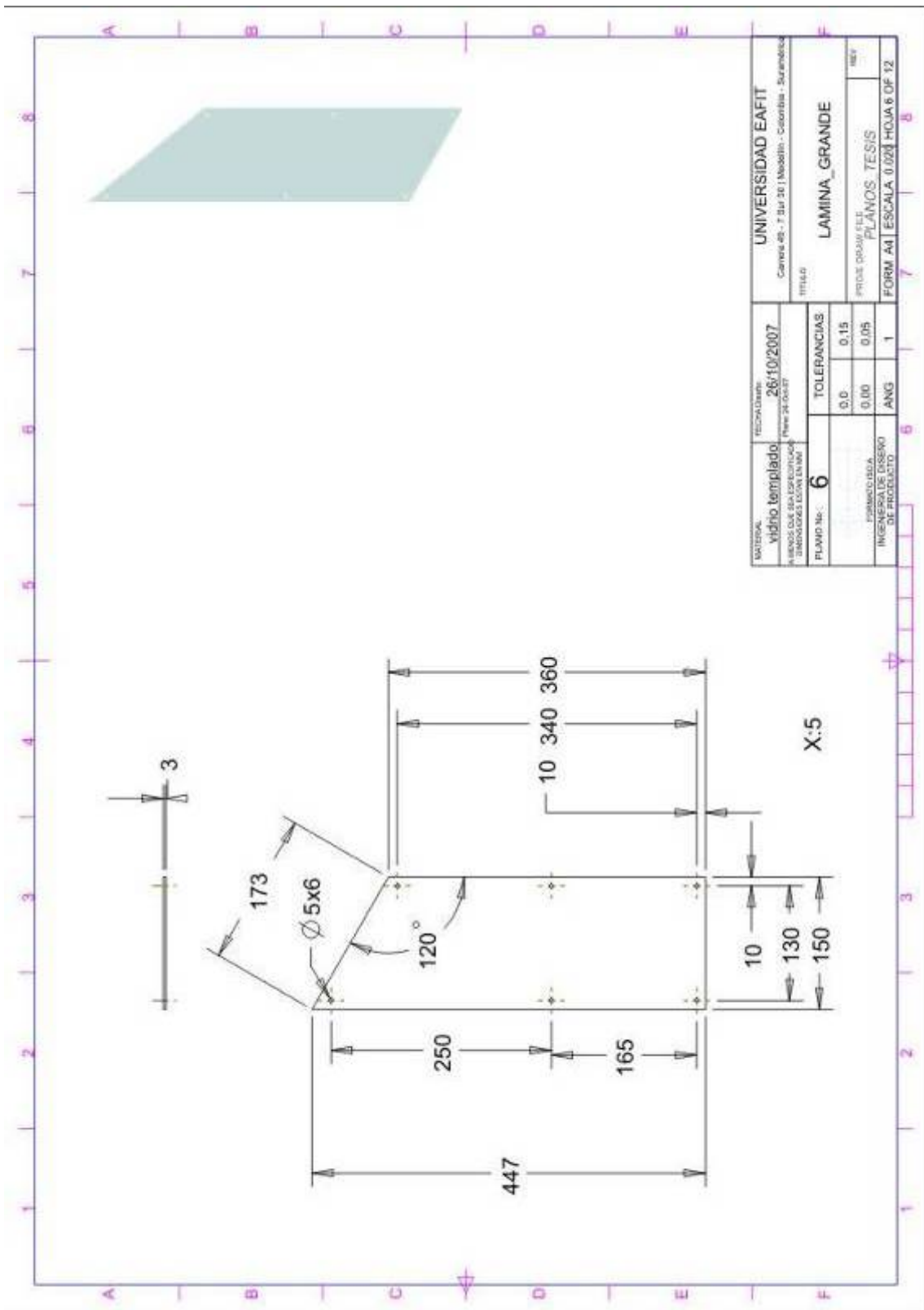


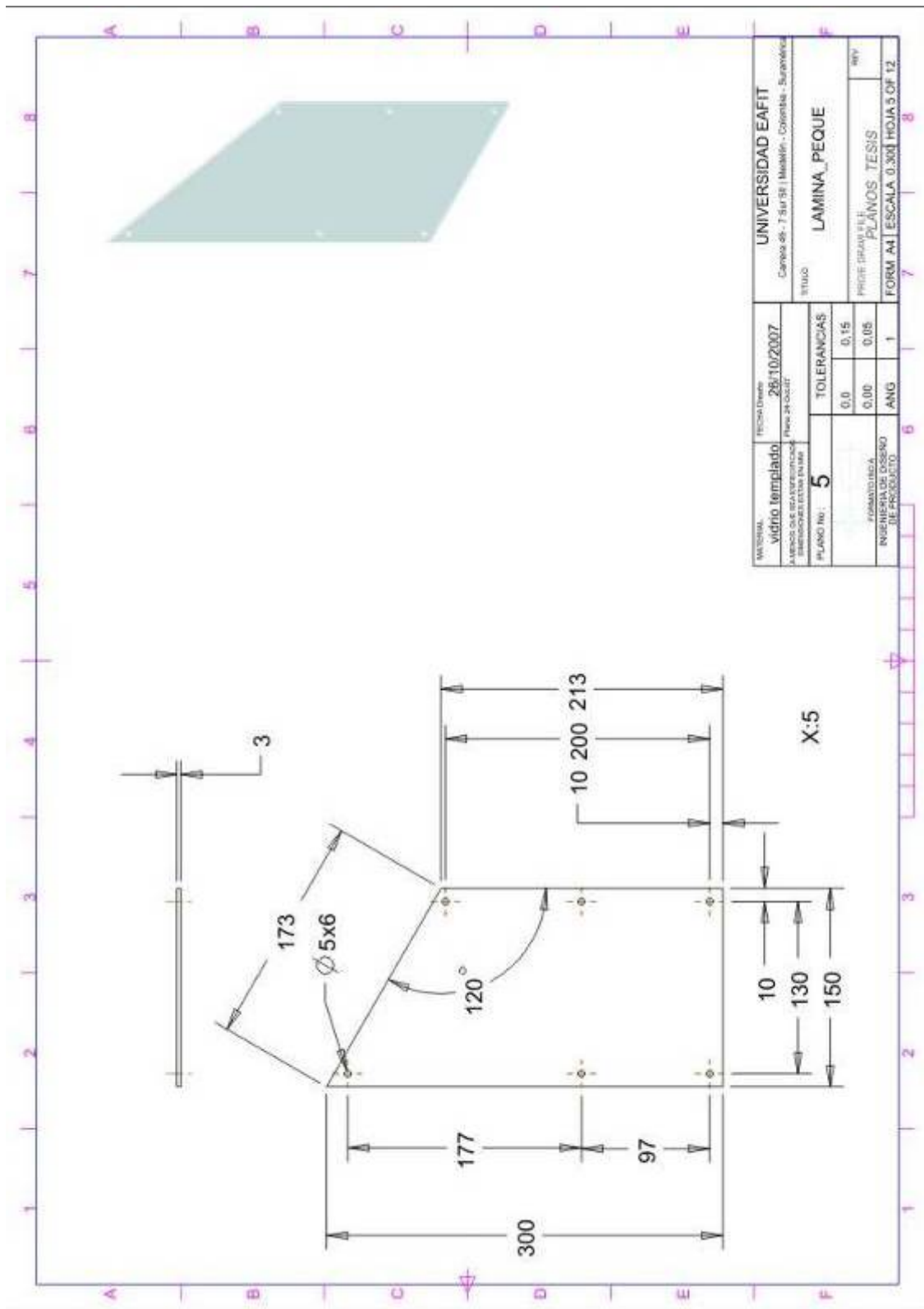


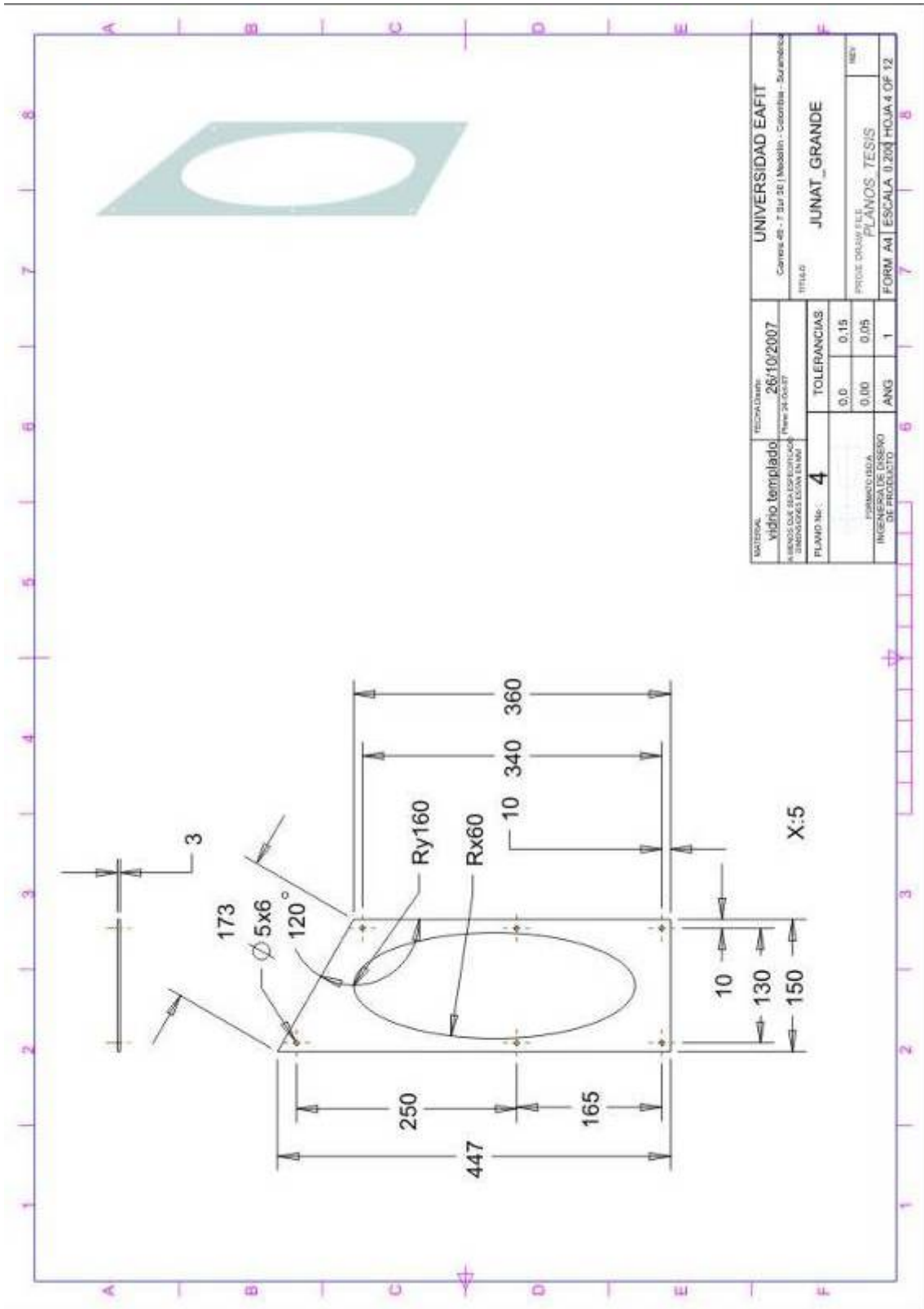
6.3. PLANOS DE DISEÑO

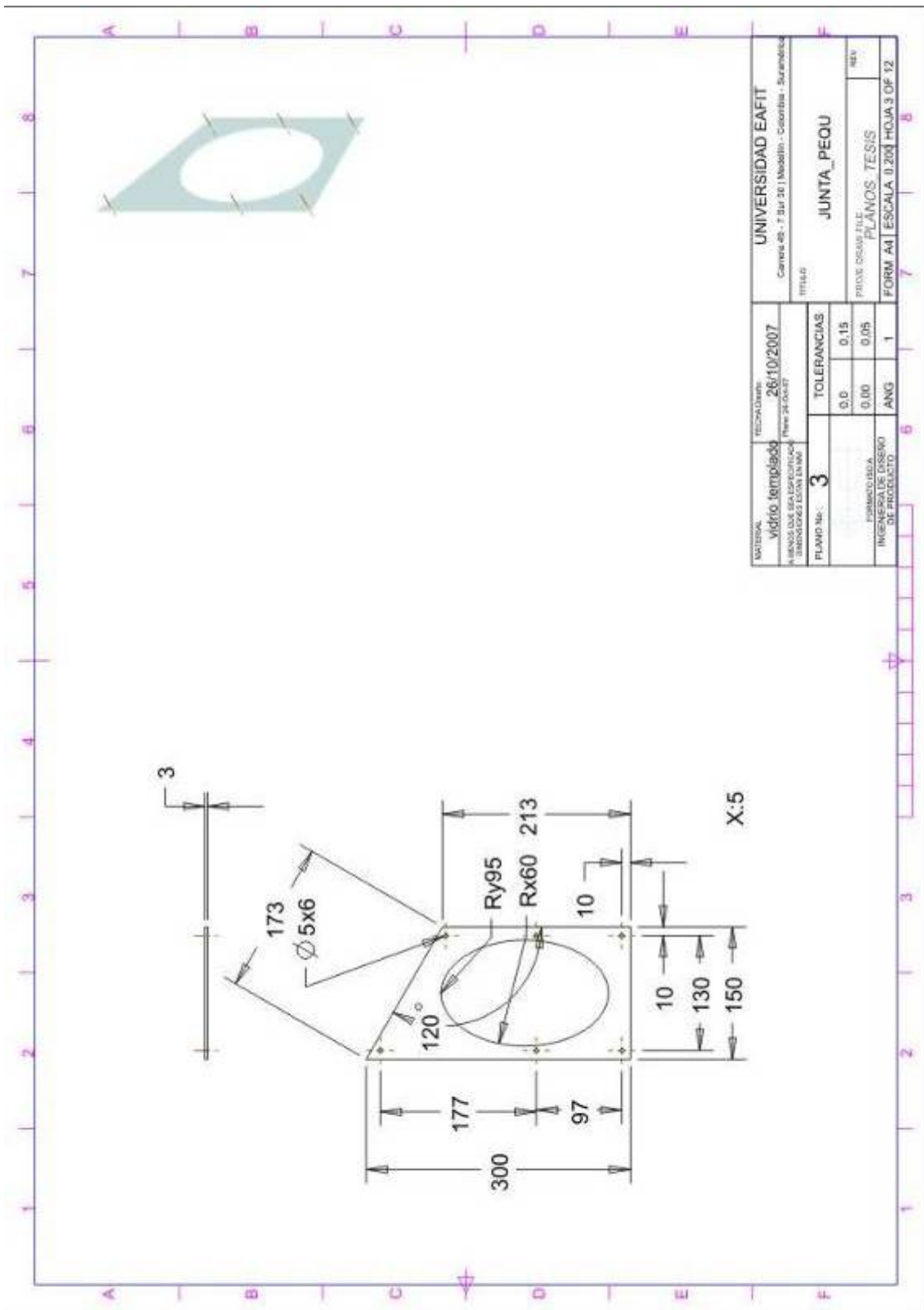












6.4. INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de esta experiencia se centra principalmente en los vidrios, el fluido viscoso y los resortes. Los vidrios deben limpiarse cada ochos días con un jabón que elimine la grasa y con una esponja no abrasiva; para esto se deben retirar todos los tornillos y limpiar cada lamina por separado; es necesario mirar que los resortes no presenten ninguna deformidad, de ser así es necesario remplazarlos. El fluido debe cambiarse cada vez que se limpian los vidrios, para garantizar la viscosidad necesaria para el adecuado funcionamiento.

RESUMEN

EXPERIENCIA

A lo largo de este trabajo se diseño y desarrollo una experiencia interactiva que muestra la teoría de los fractales utilizando como base formas que resultaban de la repetición de lo micro a lo macro y también la teoría de la celda Hele-Shaw.

El primer concepto se evidencia en el aspecto formal de la experiencia y el segundo en su funcionamiento.

La experiencia fue diseñada pensando en que cualquier visitante del parque pueda utilizarla, sin embargo esta dirigida a los jóvenes entre 15 y 18 años, pues son estos los que sienten mas curiosidad hacia fenómenos nuevos y desconocidos y además tienen la capacidad de analizar e indagar mas acerca de aquello que llame su atención.

Esta experiencia tiene como objetivo, no solo despertar curiosidad en los usuarios, sino que también pretende despertar reacciones tales como asombro, alegría, entusiasmo, espíritu investigativo y aventurero.

Durante el análisis realizado previamente al diseño de la experiencia, se determinó que materiales cumplirían mejor los requerimientos formales y funcionales especificados, tanto por el usuario como por el parque en si mismo, debido al diseño interior de este y de la sala donde esta experiencia se ubicara.

Esta experiencia esta ubicada en la sala Física Viva, fue diseñada para ir empotrada en el suelo, de forma tal que el usuario no la identifique a simple vista, sino cuando ya empiece su interacción, ya que el material será vidrio templado polarizado, para que el usuario no vea inmediatamente su forma, sino que esta se muestre a medida que el usuario interactúa con la experiencia; también se utilizará este material pensando en la seguridad del usuario, ya que en caso de que ocurra algún accidente y el vidrio se fracture, los fragmentos no causarán ninguna lesión gracias a sus propiedades. Su tamaño es de 2m².

METODOLOGÍA

La metodología de diseño utilizada fue la propuesta por Ulrich y Eppinger, en la cual se analizan todos los factores que influyen en la experiencia, tales como usuario final, el cliente, el diseño conceptual, el diseño formal, etc. Esto nos permitió tener una secuencia lógica de pasos y una planeación estratégica del desarrollo del producto para llegar al diseño mas adecuado, eficiente y eficaz de la experiencia

Para conocer el fenómeno se desarrollaron los experimentos necesarios en el taller de Ingeniería de Diseño, con los cuales se entendió como funcionaba el fenómeno y cuales eran los fluidos que mas se ajustaban a los requerimientos de la experiencia, para que sea mas claro para el usuario.

Luego analizamos los elementos de la naturaleza en los que se puede encontrar el fenómeno de los fractales, esto nos ayudó al desarrollo formal de la experiencia, tomando representaciones como la ramificación de los árboles como base para el diseño.

El diseño conceptual que se desarrollo durante el proceso ayudo a orientarnos hacia los componentes que debe tener la experiencia a partir de sus funciones.

La documentación e investigación del fenómeno permitió explorar los diferentes enfoques de los fractales, entendiendo estos desde la teoría del caos y desde la repetición de las formas micro en las formas macro, estas dos partes del fenómeno aportaron al desarrollo de la experiencia en dos aspectos, el formal y el funcional.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se puede observar que tanto el objetivo general como los objetivos específicos se fueron cumpliendo uno a uno, alcanzando así la meta propuesta con el proyecto de grado.

A pesar de que Internet es una excelente herramienta para entender la teoría, pudimos descubrir que la mejor forma de entender el fenómeno de los fractales es la experimentación, ya que es aquí donde se puede observar como se forman los fractales y su comportamiento.

Después de las entrevistas y de la información obtenida del usuario, pudimos deducir que es necesario desarrollar una experiencia muy llamativa para ganar su atención, ya que este prefiere aprender a través de la práctica que de informaciones o conferencias. El diseño final de la experiencia fue el resultado tanto del análisis de las demandas y los deseos del usuario como de los métodos de evaluación planteados en la metodología.

Pudimos validar que desarrollar un modelo funcional de este tipo, escala 1 en 1 representa costos muy elevados, por lo cual construimos una sección de la experiencia, aprovechando que nuestro diseño daba la posibilidad de entender todo su funcionamiento a partir de esta, por ser una sección que se repite.

ANEXO: ENCUESTAS

DERROTERO:

Nombre:

Edad:

1. ¿Qué es lo que mas te gusta hacer los fines de semana?
2. ¿Has ido al museo interactivo de EPM o a algún museo interactivo?, ¿Cuál y por qué?
3. Cuando estas con tus amigos ¿qué es lo que mas te gusta hacer?
4. A la hora de estudiar, ¿qué prefieres?:
 - a. Muchas imágenes con poco texto
 - b. Un equilibrio entre imágenes y texto
 - c. Mucho texto y pocas imágenes
5. ¿Cómo prefieres tus clases?
 - a. Que te expliquen y muestren algunas imágenes
 - b. Que te muestren con hechos y experimentos lo que quieren enseñarte
6. ¿Cómo prefieres hacer tus tareas o trabajos?
 - a. Solo
 - b. Acompañado

RESPUESTAS:

	NOMBRE	EDAD	1	2	3	4	5	6
1	Andrea Torres Barco	15	Dormir, descansar, spinning y leer	si, el colegio nos llevo a Eureka	Hablar y salir a comer	c	b	a
2	Carolina Venegas	17	Hacer deporte, salir con amigas y descansar	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir, hablar, chismosear, divertirnos	b	b	b
3	Kateryne Rueda	17	Estar con amigas, salir y estar con la familia	si, el colegio nos llevo a Eureka	Hablar de temas que nos guste, molestar	b	b	b
4	Maria Fernanda Vasquez	16	Ver TV, salir con amigos y estar con la familia	si, el colegio nos llevo a Eureka	Hablar, conversar de temas que nos guste, molestar	b	b	b
5	Susana Palacio Betancur	15	salir con mis amigos y bailar	si, el colegio nos llevo a Eureka	molestar, bailar, comer, reir, ir a cine, rumbear	b	b	b
6	Susana Posada Castaño	15	salir con mis amigos	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir	a	b	a
7	Valentina Arango	15	Salir con mis amigos	si, el colegio nos llevo a eureka	reirnos	a	b	b
8	Veronica Sanjuan	15	salir con mis amigos	si, el colegio nos llevo a Eureka	Pasar bueno, hacer algo interesante	a	b	b
9	Laura Cañas	15	salir con mis amigas, ver peliculas e ir a la casa de mi abuela	si, el colegio nos llevo a Eureka	reirnos, hablar	a	a	a
10	Juliana Zapata	15	salir con mis amigos	si, el colegio nos llevo a Eureka	reirnos y salir con ellos	b	b	a
11	Manuela Cardona	15	salir con mucha gente	si, el colegio nos llevo a Eureka y tambien fui con mi familia	hablar, bailar y reirnos	b	b	b
12	Sara Villegas	15	ir a conviertos y a la casa de mi prima	si, el colegio nos llevo a Eureka y mi mama me llevo a uno en Bogota	reirnos, hablar de todo, filosofar, hacer bobadas	b	b	a
13	Juliana Delgado	15	salir con mis amigos, ir a comprar ropa, a cine, a comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar de la vida, de lo que nos pasa, de lo que hacemos y vamos a hacer	b	b	b
14	Alejandra Villa	16	salir con mis amigos, comer afuera	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar reirse	a	b	b
15	Catalina Rodriguez	15	salir con mis amigas y ver peliculas	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, cantar o bailar	b	b	b

Anexo: Encuestas

16	Maria Andrea Cardona	15	salir con mis amigas, ir a cine	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir a conversar	b	b	b
17	Lina Velasquez	15	salir con mis amigas, rumbear, comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, rumbear, comer	b	b	b
18	Maria Andrea Rios	15	salir a rumbear, a cine, comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, comer, rumbear	b	b	b
19	Daniela Velez	15	salir con mis amigos, ir a cine	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, comer, rumbear	b	b	b
20	Laura Lopez	15	salir con mis amigos	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, reirnos, ver peliculas, ir a algun centro comercial	b	a	b
21	Natalia Silva Vera	15	ir a comer con mis amigos, ir a cine o a fiestas	si, el colegio nos llevo a Eureka y tambien he ido con mi familia	hablar, reirnos, comer, ver peliculas, ir a piscina	a	b	b
22	Maria Camila Aguirre	15	salir con mis amigos y mi novio, dormir, ir a cine	si, el colegio nos llevo a Eureka	ir a cine, hablar comer, rumbear	b	b	a
23	Susana Londoño	15	salir con mis amigas, dormir	si, el colegio nos llevo a Eureka y en turibus	molestar, hablar, comer, bailar ir a cine, salir	a	b	b
24	Camila Sarmiento	15	salir con mis amigas, salir a bailar	si, el colegio nos llevo a Eureka	molestar, bailar, hablar, comer, ir a cine, rumbear	b	b	b
25	Manueala Lopera Agudelo	15	salir a bailar, salir con mis amigas, ir a cine	si, el colegio nos llevo a Eureka	molestar, bailar, hablar, comer, ir a cine, rumbear	a	a	b
26	Manuela Rincan	15	salir con mis amigas, rumbear, parrandear	si, el colegio nos llevo a Eureka	molestar, comer, bailar, salir, rumbear	a	b	b
27	Ana Maria Triviño Cañaverál	15	Salir con mis amigas, descansar	si, en el turibus recorrido por la ciudad	molestar, bailar, salir a comer, ir a cine	b	b	b
28	Vanesa Romero	15	ir a discotecas, salir a comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir a rumbear, salir por ahí	b	b	b
29	Monica Zuleta	16	rumbear, ir a cine, ir a comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	ir a rumbear o hacer algo relajado	b	b	b
30	Maria Camila Cardona	16	rumbear, salir a comer, estar por ahí con mis amigos	si, el colegio nos llevo a Eureka	cualquier cosa	b	b	b
31	Laura Vasco	15	escuchar musica, ver TV, salir con mis amigos	si, he ido al museo interactivo, porque me parece muy interesante y nos enseña de manera ludica	hablar sobre cosas que nos pasan a diario y discutir temas de actualidad	a	b	b
32	Johana Maria Herrera	15	estar con mi familia, ir a cine, escuchar musica y visitrar lugares	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, jugar juegos de mesa y reirme con sus chistes	b	b	a

			direferentes					
33	Sara Lopez Elejalde	15	estar con mis amigos, descansar del estudio y dormir	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar de los amigos y pasarla rico	a	b	b
34	Manuela Alvarez Valencia	15	salir con amigos, descansar, comer y dormir	si, el colegio nos llevo a Eureka	rumbear, hablar y reirnos	a	b	a
35	Sara Betancur	15	salir con mis amigos y dormir	si, el colegio nos llevo a Eureka	bailar, escuchar musica y hablar	a	b	a
36	Laura Cardona	15	Msn, salir con mis amigos, ver TV, ir a fiestas	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, ir a fiestas	b	b	b
37	Juanita Otalvaro Hurtado	15	salir con amigos, salir a comer, estar en msn, molestar, ir a fiestas	si, el colegio nos llevo a Eureka	ir a fiestas y molestar	a	b	b
38	Manuela Valencia	15	Salir con mis amigos, estar en msn, salir a comer y a fiestas	si, el colegio nos llevo a Eureka	ir a fiestas o a centros comerciales	a	b	b
39	Andrea Gavirira Arango	16	salir con amigos y novio, hablar por telefono, dormir, rumbear y comer	si, el colegio nos llevo a Eureka	Salir a comer, rumbear, hablar de lo que sea y de niños	b	b	a
40	Manuela Tabares	16	dormir, salir con amigos, rumbear y comer	si, porque mi papa me llevo	estar con ellos molestando o rumbeando, comer, hablar de lo que pasa en mi vida y la sociedad	b	b	b
41	Mariana Alvarez	16	salir con mis amigos, dormir, tomar café y rumbiar	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir a rumbear e ir a cine	a	b	a
42	Catalina Botero	16	salir con mis amigos, comer, rumbiar, cine, descansar	si, el colegio nos llevo a Eureka	comer, rumbiar, ir al cine	b	b	b
43	Laura Gutierrez	16	Salir con amigos, rumbiar, practicar tenis de campo y nadar	si, el colegio nos llevo a Eureka	bailar	b	a	a
44	Laura Perez Muños	16	salir con amigos, ir a fincas, bailar	si, porque me encanta, ademas del colegio nos llevaron	hablar, bailar, comer, ver peliculas, jugar	b	b	b
45	Marcela Osorio	16	salir con amigos o quedarme en mi casa viendo peliculas	si, el colegio nos llevo a Eureka	hablar, reirnos, charlar	b	b	b
46	Maria Camila Guerra	17	salir con amigos, estar en familia, descansar, ir a fincas, ir a centros comerciales	si, el colegio nos llevo a Eureka	comer, jugar, hablar y bailar	a	b	b

Anexo: Encuestas

47	Maria Lia Villegass Si'pira	16	salir con mis amigos, ir a la finca, a comer, montar a caballo	si, el colegio nos llevo a Eureka	jugar, comer, rumbiar y hablar	b	b	a
48	Natalia Escobar Upegui	17	Salir con amigos o con mis papas, ir a fincas	si, el colegio nos llevo a Eureka	salir a rumbiar o ir a fincas	a	b	b
49	Sara Rave Carvajal	17	ir a comer con mis amigos, ver peliculas, bailar, descansar, montar a caballo, ir a piscina	si, el colegio nos llevo a Eureka	rumbiar e ir a comer	b	b	b

BIBLIOGRAFIA

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas. Ciudad de México: Prentice Hall, 1997.

JENSEN, C.H. Dibujo y diseño de ingeniería. Ciudad de México: Mc Graw Hill, 1999.

MARTINEZ, José Fernando. Guía Proyecto de Grado. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. Medellín: Universidad EAFIT, 2006.

Referenciación de Museos Interactivos como aprendizaje para el desarrollo del Parque Explora

ULRICH, Karl T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y Desarrollo de Producto. Tercera Edición. Boston: Ed. Mc Graw Hill; 1995

REFERENCIAS DE INTERNET

ANATOMÍA DEL APARATO CIRCULATORIO: Proyecto Salón. [artículo de Internet]

http://www.proyectosalohogar.com/CuerpoHumano/Cuerpo_humano_circulatorio.htm [Consulta: 23 de Agosto de 2007]

AREA FRACTAL. [artículo de Internet]. <http://www.arrakis.es/~sysifus/intro.html> [Consulta: 7 de Agosto de 2007]

BUIXADERAS, Elena. Luces de bohemia. [artículo de Internet] <http://www.lucesdebohemia.cz/blog/?m=200706>. [Consulta: 22 de Agosto de 2007]

CENTRO VIRTUAL DE NOTICIAS: Noticias sobre educación. [artículo de Internet] <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/propertyvalue-31878.html> [Consulta: 8 de Septiembre de 2006]

EL CONJUNTO CANTOR. Introducción. [artículo de Internet] <http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/leccion2/index2.htm> [Consulta: 7 de Agosto de 2007]

FRACTALES EN LA NATURALEZA. [artículo de Internet] <http://interactiva.matem.unam.mx/fractales/html/naturaleza.html> [Consulta: 23 de Agosto de 2007]

INTEGRACIÓN DE LA GEOMETRÍA FRACTAL EN LAS MATEMATICAS Y EN LA INFORMÁTICA. [artículo de Internet] http://platea.pntic.mec.es/mzapata/tutor_ma/fractal/fracuned.htm. [Consulta: 2 de Agosto de 2007]

JIMÉNEZ VÉLEZ, Carlos A. Hacia la construcción del concepto de “Lúdica” [artículo de Internet]. http://www.geocities.com/ludico_pei [Consulta: 7 de Septiembre de 2006]

JIMÉNEZ VÉLEZ, Carlos A. La inteligencia lúdica: juego y neuropedagogía. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, 2005, 240 p. En: [artículo de Internet]. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-97688.html> [Consulta: 7 de Septiembre de 2006]

MARTINEZ, Eliseo. Fractales en la naturaleza. [artículo de Internet] <http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/matematicas/academicos/emartinez/fractales/uno/uno.html>. [Consulta: 8 de Abril de 2007]

MUSEO DE LOS NIÑOS. [artículo de Internet] <http://www.cybercol.com/colombia/museos/museoninos.html> [Consulta: 8 de Septiembre de 2006]

MUSEO INTERACTIVO EPM. [artículo de Internet] <http://www.ilam.org/fichasCO/co35.htm>. [Consulta: 8 de Septiembre de 2006]

PARQUE EXPLORA El Gran proyecto educativo, cultural y urbano de los Antioqueños de cara al Siglo XXI: *La Conceptualización*. [artículo de Internet] <http://www.cta.org.co/publicaciones/explora.pdf#search=%22parque%20explora%22>. [Consulta: 14 de Septiembre de 2006]

PARQUE EXPLORA [sitio en Internet]. Medellín: Alcaldía de Medellín. Disponible en http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/parqueexplora.jsp [Consulta: 14 de Septiembre de 2006]

PATRONES FRACTALES EN UNA CELDA DE HELE-SHAW. [artículo de Internet] http://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_especial/Patrones_fractales_Hele_Shaw.pdf. [Consulta: 15 de Agosto de 2007]

¿QUÉ ES MALOKA?. [artículo de Internet] <http://www.maloka.org>. [Consulta: 8 de Septiembre de 2006]

SINTESIS DE ESTRUCTURAS FRACTALES ALEATORIAS: Modelo de Eden. [artículo de Internet] <http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/capitulos/04/04-04.shtml#ModeloEden>. [Consulta: 15 de Agosto de 2007]

UNIVERSIDAD DEL VALLE. Corales: en peligro potencial. [artículo de Internet] <http://aupec.univalle.edu.co/informes/abril98/corales.html>. [Consulta: 5 de Mayo de 2007]

VIROLOGÍA MOLECULAR: Virus de Lechuga. [artículo de Internet] http://www.ibmcp.upv.es/departamentos_estres7_2_4.php [Consulta: 23 de Agosto de 2007]

WIKIPEDIA: La enciclopedia libre. Fractal. [artículo de Internet] <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>. [Consulta: 2 de Agosto de 2007]