

**MÁQUINA SIMULADORA DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS
PARA EL PARQUE INTERACTIVO EXPLORA**

**CAROLINA GÓMEZ PALACIO
JINETH RENDÓN OCAMPO
LINA MARÍA SIERRA SIERRA
SARA LUISA TORO OCHOA**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DPTO. DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

**MÁQUINA SIMULADORA DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS
PARA EL PARQUE INTERACTIVO EXPLORA**

**CAROLINA GÓMEZ PALACIO
JINETH RENDÓN OCAMPO
LINA MARÍA SIERRA SIERRA
SARA LUISA TORO OCHOA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera de Diseño de Producto

**Asesor: Andrés Góez
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DPTO. DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Asesor

Medellín, Octubre de 2006

AGRADECIMIENTOS

“You have brains in your head.
You have feet in your shoes.
You can streer your self
any direction you choose.
Your on your own.
and you know what you know
and you are the guy
who’ll decide were to go”.

Oh, the places you’ll go
Dr. Seuss

El Grupo de trabajo de este proyecto de grado quiere agradecer a todas las personas y empresas que colaboraron y contribuyeron de manera positiva para el desarrollo de este trabajo y el cumplimiento de todos los objetivos propuestos.

Primero que todo a nuestras familias que con su paciencia y dedicación nos acompañaron y ayudaron durante toda la carrera; nos apoyaron no solo en la parte económica sino también emocional. A ellos nuestros padres Eliécer Rendón y Dolly Ocampo, Fernando Sierra y Ana Lucia Sierra, Gustavo Gómez y Martha Diony Palacio, y a Leonardo Toro y Carmen Victoria Ochoa. Les agradecemos de todo corazón.

A nuestro asesor Andrés Góez por su acompañamiento y orientación durante este proceso.

A los profesores Santiago Bravo, Sergio Aristizábal y Hugo Murillo y al Ingeniero Federico Márquez que no solo resolvieron muchas de nuestras dudas sino que nos aconsejaron y ayudaron a sacar el proyecto adelante.

Al personal del laboratorio de suelos, del laboratorio de física, del laboratorio de modelos y prototipos y al taller de proyectos en metalmecánica, ya que sin su amable atención no habiéramos encontrado los medios para lograr los objetivos que se tenían para la máquina simuladora de fenómenos volcánicos “Vulcano”.

A los geólogos José Fernando Duque y Maria Victoria Toro que con su experiencia en el tema de volcanes se tomaron el tiempo de instruirnos, enseñarnos y asesorarnos en la parte técnica de los volcanes y en los ensayos de arena para la simulación de la erupción.

A la empresa Sumicol que nos suministró numerosas muestras de materias primas para ensayar y finalmente toda la arena que se utilizó en el prototipo final. A Las Mallas y Coyper y a todo su personal que nos colaboraron con la manufactura del producto.

Al grupo de trabajo del parque Explora que nos proporciono las pautas y requerimiento para el trabajo, esto nos encaminó por el camino correcto para el desarrollo del proyecto, además nos asesoraron en el diseño y funcionamiento de la máquina.

Por ultimo agradecemos a nuestros compañeros y amigos Carolina Hernández, Maria Clara Duque y Santiago Mejía que de una u otra manera colaboraron con el trabajo.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	14
1. PUNTO DE PARTIDA	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA IDEA	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Objetivo General.....	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1 ORIGEN DE LA PALABRA VOLCÁN.....	25
2.2 ¿QUÉ ES UN VOLCAN?.....	25
2.3. ORIGEN DE LOS VOLCANES	26
2.3.1 Tectónica de compresión.....	27
2.3.2 Tectónica de distensión	29
2.4 FORMAS DE LOS VOLCANES	31
2.4.1 Estratovolcán	31
2.4.2 Volcanes de escudo.....	36
2.5 TIPOS DE ERUPCIONES.....	37
2.5.1 Vulcaniano	38
2.5.2 Etniano.....	39
2.5.3 Estromboliano	39
2.5.4 Vesubiano.....	39
2.5.5 Peleano.....	39
2.5.6 Hawaiano.....	40
2.5.7 Eifeliano	41
2.6 TIPOS DE MAGMA.....	41
2.7. TEXTURA DE LA LAVA	43
2.7.1 Cordada o pahoehoe	43
2.7.2 Escoria aa.....	43
2.8. PARTES DE UN VOLCÁN	44
2.9. FENÓMENOS VOLCÁNICOS SECUNDARIOS.....	45
2.9.1 Las fumarolas	45
2.9.2 Los géiseres	45
2.9.3 Las fuentes termales.....	46
2.9.4. Nube ardiente	46

2.9.5 Lluvias de ceniza	47
2.10 VOLCANES DE COLOMBIA.....	47
2.10.1 Volcanes del sur	49
2.10.2 Volcanes del Macizo Colombiano:.....	50
2.10.3 Volcanes de la Cordillera Central.....	51
2.11 VOLCÁN GALERAS	52
2.12 ESTADO DEL ARTE	55
2.12.1 Museos y experiencias interactivas en el mundo.....	58
3. PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO.....	75
3.1 METODOLOGÍA	75
3.2. CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS	77
3.3 ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES.....	79
3.3.1 Función Principal	79
3.3.2 Funciones Secundarias	81
3.3.3. Matriz Funcional de la Máquina	83
3.4 PDS “PRODUCT DESIGN ESPECIFICATION”	85
3.5 MATRIZ MORFOLÓGICA.....	94
3.5.1 Propuesta de diseño 1	96
3.5.2 Propuesta de diseño 2.....	101
3.5.3 Propuesta de diseño 3.....	104
3.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	107
4. PROPUESTA DEFINITIVA.....	110
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	110
4.2 DESARROLLO DE LA MAQUINA.....	114
4.2.1 Principio de funcionamiento.....	114
4.2.2 Efectos Especiales.....	125
4.2.3 Materiales	130
4.2.4 Comunicación e Interactividad.....	136
4.3 CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS.....	138
5. MEJORAS Y RECOMENDACIONES.....	143
5.1. MEJORAS	143
5.1.1 Visualización del fenómeno	144
5.1.2 Generación de turbulencia en los extremos de la tolva	144
5.1.3 Poca salida de arena a la pantalla.....	145
5.1.4 Tiempos de simulación de los ciclos de la máquina	145
5.1.5 Iluminación insuficiente de los botones.....	145
5.1.6 Fugas de arena entre la pantalla y la tolva	146
5.1.7 Intensidad en la vibración de la plataforma.....	146
5.1.8 Choque del usuario con parte superior de la máquina.....	146
5.2. RECOMENDACIONES.....	147

5.2.1 Mejorar interactividad usuario-máquina.....	147
5.2.2 Visibilidad del interior de la tolva.....	147
5.2.3 Mejoramiento del flujo interno de arena en la tolva	148
5.2.4 Sonido integrado en las instalaciones del museo	148
6. CONCLUSIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	152
ANEXOS.....	155

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. CODIFICACIÓN INTERNACIONAL	48
TABLA 2. PDS "PRODUCT DESIGN ESPECIFICATION"	86
TABLA 3. CUADRO DE COSTOS	109
TABLA 4. TOLERANCIA DB PARA EL OÍDO HUMANO.....	129

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. MUSEO EXPLORA	17
FIGURA 2: UBICACIÓN GEOGRÁFICA, MUSEO EXPLORA.....	20
FIGURA 3. ZONAS DE ACTIVIDAD SÍSMICA.....	28
FIGURA 4. VOLCANES DE SUBDUCCIÓN	29
FIGURA 5. VOLCÁN LONGAI DE TANZANIA.	30
FIGURA 6. VOLCÁN KILAWEA EN HAWAI.....	31
FIGURA 7. CRÁTER LA OLLETA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO RUIZ-TOLIMA	33
FIGURA 8. MONTE FUJI EN JAPÓN.....	33
FIGURA 9. VISTA AÉREA DOMO DEL VOLCÁN GALERAS.....	34
FIGURA 10. VOLCÁN MAUNA ULU.....	36
FIGURA 11. VULCANO EN LAS ISLAS LÍPARI.....	38
FIGURA 12. CRÁTER Y EMISIÓN DE CENIZAS DEL VOLCÁN GALERAS	40
FIGURA 13. TIPOS DE MAGMA. DE IZQUIERDA A DERECHA BASALTO, ANDESITA, DASITA, RIOLITA.....	43
FIGURA 14. CORTE TÍPICO DE UN ESTRATOVOLCAN.....	44
FIGURA 15. VISTA AÉREA DEL EDIFICIO VOLCÁNICO DEL GALERAS	49
FIGURA 16. VOLCÁN PURACÉ.....	50
FIGURA 17. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS VOLCANES EN COLOMBIA.....	51
FIGURA 18. MAPA GEOGRÁFICO DE LA ZONA DEL VOLCÁN GALERAS	54
FIGURA 19. SALA BIOSFERA 1.....	59
FIGURA 20. SALA BIOSFERA 2.....	59
FIGURA 21. SALA PERCEPCIÓN 1	60
FIGURA 22. SALA PERCEPCIÓN 2	60
FIGURA 23. FUERZAS OCULTAS.....	61
FIGURA 24. ERUPCIÓN VOLCÁNICA 1	62
FIGURA 25. ERUPCIÓN VOLCÁNICA 2	62
FIGURA 26. SALA DE CLIC.....	63
FIGURA 27. SALA DEL FLASH	64
FIGURA 28. MURO GEOLÓGICO 1	64
FIGURA 29. MURO GEOLÓGICO 2	65
FIGURA 30. MAQUETA TOPOGRÁFICA	65
FIGURA 31. EXPLORATORIUM	67
FIGURA 32. ESPEJOS MISTERIOSOS	67
FIGURA 33. PASS	68
FIGURA 34. SALA DE LA TIERRA	69
FIGURA 35. SALA DE LOS SENTIDOS	70
FIGURA 36. VIVIENDO CON VOLCANES 1	71

FIGURA 37. VIVIENDO CON VOLCANES 2	71
FIGURA 38. MIM	72
FIGURA 39. PARQUE DE LAS CIENCIAS HONG KONG.	73
FIGURA 40. MUSEO-CIENCIA DE LA CIENCIA Y DE LA INDUSTRIA.....	74
FIGURA 41. MODELO FRENCH DEL PROCESO DE DISEÑO.....	76
FIGURA 42. ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	78
FIGURA 43. CAJA NEGRA	80
FIGURA 44. FUNCIONES SECUNDARIAS.....	81
FIGURA 45. CAJA TRANSPARENTE.....	84
FIGURA 46. MATRIZ MORFOLÓGICA	95
FIGURA 47. MATRIZ MORFOLÓGICA COMBINACIÓN 1	96
FIGURA 48. PROPUESTAS DE DISEÑO 1	97
FIGURA 49. PROPUESTA DE DISEÑO 1.1	98
FIGURA 50. PROPUESTA DE DISEÑO 1.2	100
FIGURA 51. MATRIZ MORFOLÓGICA COMBINACIÓN 2	101
FIGURA 52. PROPUESTA DE DISEÑO 2.1	102
FIGURA 53. PROPUESTA DE DISEÑO 2.2	103
FIGURA 54. MATRIZ MORFOLÓGICA COMBINACIÓN 3	104
FIGURA 55. PROPUESTA DE DISEÑO 3.1	105
FIGURA 56. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	107
FIGURA 57. VISTA FRONTAL “VULCANO”	111
FIGURA 58. VISTA ISOMÉTRICO VULCANO	113
FIGURA 59 . PLATAFORMA VIBRATORIA.....	116
FIGURA 60. AMORTIGUADORES MECANISMO PLATAFORMA	117
FIGURA 61 . MOTOR	117
FIGURA 62. MECANISMO SIMULACIÓN DE LA ERUPCIÓN	119
FIGURA 63. LUCES DE LA MÁQUINA	126
FIGURA 64. MAQUINA DE HUMO F-80-Z.....	128
FIGURA 65 . ESTRUCTURA MAQUINA.....	131
FIGURA 66. ESTRUCTURA PLATAFORMA.....	132
FIGURA 67. PANTALLAS	133
FIGURA 68. BOLA DE LAVA.....	135
FIGURA 69. TOLVA CONTENEDOR DE ARENA	135
FIGURA 70. INTERACCIÓN USUARIO MÁQUINA	136
FIGURA 71. BOTONES.....	137
FIGURA 72. BOLA DE LAVA ENCENDIDA	138
FIGURA 73. CAMPO VISUAL EN PLANO HORIZONTAL	140
FIGURA 74. HOMBRE Vs. MÁQUINA 1	140
FIGURA 75. HOMBRE Vs. MÁQUINA 2	140
FIGURA 76. CAMPO VISUAL EN PLANO VERTICAL.....	140
FIGURA 77. RELACIÓN ALTURA HOMBRE-MÁQUINA 1.....	141
FIGURA 78. FIGURA HUMANA ALTURA.....	141
FIGURA 79. RELACIÓN ALTURA HOMBRE-MÁQUINA 2.....	141

FIGURA 80. MOVIMIENTO ARTICULATORIO EN POSICIÓN NEUTRA	142
FIGURA 81. RELACIÓN HUMANA VS BOTONES-MÁQUINA.....	142
FIGURA 82. FLEXIÓN-EXTENSIÓN.....	142
FIGURA 83. RELACIÓN HUMANA HOMBRE VS PLATAFORMA	142
FIGURA 84. FIGURA HUMANA VS. ESCALÓN	142

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CARTAS DE PROCESOS

ANEXO B. ERGONOMÍA

ANEXO C. MOOD BOARD

ANEXO D. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO E. SISTEMA ELÉCTRICO

ANEXO F. VOLCANES DE COLOMBIA

ANEXO G. ENSAYOS Y PRUEBAS

ANEXO H. EXPLORA, PROYECTO DE CIUDAD

ANEXO I. PLANOS MECÁNICOS

ANEXO J. SESIONES DE GRUPO

ANEXO K. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de grado fue motivado por una de las obras que se esta construyendo actualmente en la ciudad de Medellín como aporte al desarrollo social y educativo para sus habitantes, el parque Explora, es un lugar donde todas las personas pueden disfrutar de un espacio diferente, al tiempo que refuerza sus conocimientos en diferentes áreas del saber, a través de experiencias interactivas que sirven para enseñar mientras se juega.

Es un proyecto al que varias instituciones y empresas privadas se han unido, con el objetivo de apoyar obras que aporten al desarrollo de los habitantes y visitantes de la ciudad. La universidad EAFIT y el departamento de Ingeniería de Diseño de producto se unió a este proyecto de ciudad, aportando el conocimiento para el diseño, desarrollo y construcción de varias de las experiencias interactivas que harán parte del museo parque Explora.

El desarrollo de dichas experiencias se ha venido realizando durante los 2 últimos semestres como proyectos de grado. En este caso el trabajo de grado es el diseño y desarrollo de una máquina simuladora de fenómenos volcánicos para una de las salas del museo llamada Colombia Geodiversa, una sala donde se explicarán fenómenos naturales asociados a la tierra.

La naturaleza de los volcanes, su origen y características son el punto de partida de este proyecto, además de los requerimientos del grupo de trabajo Explora. Y aunque este tipo de espacios esta diseñado para todo tipo de publico, la máquina simuladora de fenómenos volcánicos se concentra en la personas de edad escolar, específicamente los que se encuentra en secundaria.

El desarrollo de este tipo de proyectos sirve para ubicar al profesional de la ingeniería de diseño de producto dentro de un contexto donde su diseño se transforma en una realidad tangible, expuesta a los ojos de una ciudad, que es el aliciente principal al culmen de una carrera. La aplicación de los conceptos y herramientas obtenidas durante la formación académica, en un proyecto que puede estar al servicio de una comunidad.

1. PUNTO DE PARTIDA

“Todo lo que una persona puede imaginar,
otros pueden hacerlo realidad”.

Julio Verne

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente la ciudad de Medellín tiene planteado un proyecto de ciudad, en el que se pretende desarrollar el parque interactivo Explora. Este parque tiene como objetivo generar en sus visitantes el libre aprendizaje a través de la exploración creativa, donde se estimulen las actividades y habilidades científicas.

Es un parque interactivo de 25 mil metros cuadrados para la apropiación y divulgación de la ciencia y la tecnología, concebido en el plan de desarrollo 2004-2007 Medellín, compromiso de toda la ciudadanía, como un nuevo espacio urbano que exalta la creatividad y brinda a toda la población la oportunidad de experimentar, de aprender divirtiéndose y de construir un conocimiento que posibilite el desarrollo, el bienestar y la dignidad.

Figura 1. Museo Explora



Fuente:http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/N_admon/obj/pdf/anexo2005pdf/Febrero/Anexo53/Anexo53-1_070205.pdf

El parque Explora tiene seis objetivos principales¹:

- Promover el aprendizaje libre, lúdico e interactivo, es decir, la experimentación con fenómenos y objetos de la naturaleza y con las creaciones científicas y tecnológicas de la humanidad.
- Propiciar el gusto por la ciencia y la tecnología a través de múltiples formas de acercamiento.
- Apoyar la labor de las instituciones educativas con recursos innovadores.
- Crear nuevos espacios de encuentro ciudadano.

¹ Anexo 1, Explora Proyecto de Ciudad.

- Formar opinión pública frente a la ciencia y la tecnología, fortaleciendo los procesos de participación de las comunidades en su propio desarrollo.
- Estimular la creatividad ciudadana.

El parque contará con:

- Una plaza abierta interactiva: espacio donde los visitantes encontraran múltiples atracciones interactivas al aire libre.
- Una sala infantil.
- Un auditorio de cine digital: ideal como recurso educativo y de divulgación, que se convertirá también en un nuevo espacio de entretenimiento cultural. Está diseñada para inmersiones audiovisuales de alta calidad.
- Un laboratorio interactivo de producción audiovisual: espacio experimental de comunicación para el desarrollo de las comunidades participativas, capacitadas para la creación de sus propios medios y mensajes, fortalecidas en sus posibilidades de expresión, de reconocimiento e interlocución en torno al conocimiento, su disfrute, descubrimiento y construcción.
- Cuatro aulas taller: son aulas de matemática, robótica y biología-biotecnológica que, por medio de talleres permitirán la creación de conocimiento desde la participación directa de los ciudadanos.
- Un centro de comunicación e información sobre ciencia y tecnología: este centro ofrece la oportunidad de actualización permanente y de contacto con la comunidad científica de la ciudad, del país y del mundo. Una posibilidad para que todos los visitantes hagan, sus preguntas, intereses y propuestas referidas a los temas científicos y tecnológicos del Explora y del Planetario.
- Tienda-Librería, cafés y otros sitios de esparcimiento.
- Cinco salas de experiencias interactivas:

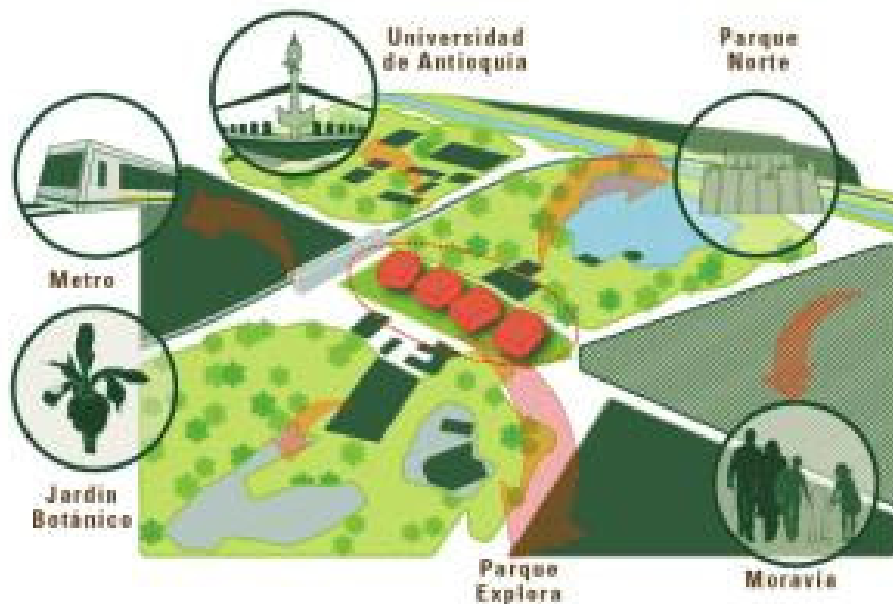
- Conexión de la Vida: el visitante podrá interactuar con el micromundo, descubrir los misterios del código genético, comprender las funciones de los seres vivos y explorará la comunicación a través de los sentidos.
- Física Viva: un espacio para la interacción con fenómenos físicos expresados en los seres vivos.
- Tecnología: sala para explorar de manera creativa situaciones que involucran imágenes, música, movimiento, entre otros elementos que permitirán descubrir el mapa secreto de la tecnología que ha cambiado nuestra relación con el mundo.
- Acuario: escenario con las especies más representativas de los grandes ecosistemas de vertientes de Colombia y con una importante muestra de la vida del mar.
- Colombia Geodiversa: explica los diferentes fenómenos geológicos, el mar, el aire, los continentes...diversas exploraciones del paisaje, sus misterios, orígenes y evolución. Una nueva mirada a Antioquia, un acercamiento a los Andes, los Llanos, la costa Caribe, la costa Pacífica y la Amazonía².

El parque estará ubicado, en la zona centro-oriental de la ciudad donde el Municipio de Medellín, con una inversión sin precedentes para transformar una zona, desarrolla proyectos en diversos frentes. Está situado entre las históricas calles Carabobo y Cundinamarca, el Jardín Botánico, el Parque Norte y el Parque de los Deseos. Este conjunto de equipamientos públicos conforma el mayor espacio urbano integrado, concebido para el desarrollo cultural y turístico de la ciudad³.

² Anexo 1, Explora Proyecto de Ciudad.

³ Anexo 1, Explora Proyecto de Ciudad.

Figura 2: Ubicación geográfica, Museo Explora



Fuente: http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/l_ge...

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA IDEA

Para la materialización del parque Explora se requiere la adecuación de 4 salas interactivas, cada una de ellas enfocada a diferentes áreas del conocimiento. Durante este año se trabajará la sala llamada Colombia Geodiversa, la cual explica los diferentes fenómenos geológicos de las diferentes regiones del país.

Para este proyecto de grado, se decidió escoger los fenómenos volcánicos como tema para el diseño y desarrollo de una máquina interactiva, que explique de forma didáctica y entretenida al mismo tiempo que refuerce los conocimientos de los visitantes al museo sobre este tema específico.

Se inicia un proceso de investigación de los fenómenos volcánicos, presentes en Colombia y paralelamente una investigación del usuario objetivo, jóvenes de 12 a

18 años⁴, para conocer sus gustos y preferencias a la hora de adquirir conocimiento e interactuar con una máquina⁵; con dichas investigaciones se desarrolló un proceso de diseño para lograr una máquina simuladora de fenómenos volcánicos.

La máquina se plantea como una solución para aprender y comprender el proceso realizado por un volcán antes y durante una erupción. Esta experiencia involucra al usuario permitiéndole una interacción directa donde todos sus sentidos se verán implicados. El contacto del usuario con la máquina esta directamente relacionado con una secuencia de botones que activan las diferentes etapas del proceso de erupción, dentro de las cuales se encuentra la simulación de un temblor previo a esta, el sonido que se genera y la expulsión de gases y ceniza, todos elementos que conforman el contexto dentro del cual se desarrolla una erupción típica en Colombia.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Participar en un proyecto como es el del Parque Interactivo Explora con el apoyo de sus líderes y equipo de trabajo hacen que el desarrollo de este tenga una validez especial; con su acompañamiento se logrará un producto que satisfaga los requerimientos para que la máquina simuladora de fenómenos volcánicos haga parte de la sala Colombia Geodiversa. A parte del acompañamiento mencionado hay posibilidades de facilitar la fabricación del prototipo, pues explora ha generado contactos con empresas de la ciudad interesadas en patrocinar, acompañar y/o asesorar algunas de las experiencias.

Como estudiantes de Ingeniería de Diseño de Producto sería muy satisfactorio ver la transformación de una idea y un proceso de diseño en una máquina real que cumpla un papel importante en el Parque Interactivo, ya que ésta motivará y

⁴ Anexo 1, Explora proyecto de ciudad, requerimientos del museo.

⁵ Anexo 2, Sesiones de grupo, investigación del usuario.

despertará interés en su público. Así, los visitantes podrán participar activamente, interactuar y vivir una experiencia que les muestre hechos, fenómenos y situaciones reales. La experiencia del volcán en particular es interesante y enriquecedora para todo tipo de personas, porque además de ser atractiva y llamativa es uno de los fenómenos naturales que más despierta interés e intriga. Es poco lo que las personas conocen, y muchas veces la información que tienen acerca de ellos es errada. Por este motivo es importante explicar y aclarar los diferentes conceptos que rodean el tema de los fenómenos volcánicos.

Este tipo de proyecto de grado beneficia a toda la ciudad facilitando espacios que motivan al aprendizaje lúdico sobre la ciencia y la tecnología, y de alguna manera apoyar los métodos de enseñanza tradicional. Siguiendo entonces lo mencionado anteriormente, se estará fomentando la apropiación de temas sobre Colombia. Al mismo tiempo la universidad, la carrera y los estudiantes se verán favorecidos al darse a conocer con proyectos tangibles que reflejen que en el medio si existen lugares propicios para el crecimiento profesional de los Ingenieros de Diseño de Producto.

Si los proyectos de grado para el semestre 2006-2 relacionados a Explora cumplen con todos los requerimientos exigidos y objetivos propuestos se abrirán las puertas para continuar con el desarrollo de experiencias para otras salas. Esto generará continuidad, credibilidad y competitividad en los trabajos de grado que se vayan a desarrollar y se convertirá en la tarjeta de presentación de los ingenieros de diseño, proyectando de esta manera el departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de la universidad EAFIT.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar, desarrollar y construir una máquina interactiva que simule fenómenos volcánicos permitiéndole a todo tipo de usuario un acercamiento al aprendizaje de forma divertida, creativa e innovadora, basándose en los principios de la lúdica y la interactividad y dando cumplimiento a los requerimientos del grupo científico y de diseño del PARQUE EXPLORA de la ciudad de Medellín.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar como y porque se producen los fenómenos volcánicos, por medio de la Internet, bibliografía geológica y expertos en el tema, para obtener las herramientas y el conocimiento necesario que nos ayuden en el desarrollo y la conceptualización del fenómeno en nuestra máquina.
- Consultar con el grupo de trabajo del parque Explora los requerimientos y requisitos que debe tener la máquina en su diseño y desarrollo, con el fin de que ésta se ajuste al formato del parque y pueda ser exhibida como parte de sus experiencias Museográficas.
- Consultar las teorías del conocimiento, para conocer bajo cual principio se justifica la aparición de este tipo de máquinas interactivas como apoyo al conocimiento.
- Investigar un grupo representativo del usuario objetivo, jóvenes bachilleres de décimo y once de 12 a 18 años de edad utilizando herramientas como encuestas y entrevistas que generen especificaciones de diseño para construir una experiencia que transmita los conocimientos y satisfaga las necesidades y deseos del usuario.

- Diseñar y construir una máquina interactiva que genere de manera clara el contenido académico de la exhibición a través de la estimulación sensorial por medio de ayudas visuales, que proporcionarán información acerca de lo que está pasando y de la interacción que el usuario tiene con la máquina.

2. MARCO TEÓRICO

“Desciende al cráter del Yocul de Sneffels
que la sombra del scartis acaricia
antes de las caléndulas de julio, audaz viajero,
y llegaras al centro de la tierra como he llegado yo”
Arne saknussem

Julio Verne, Viaje al centro de la tierra

2.1 ORIGEN DE LA PALABRA VOLCÁN

La palabra volcán se deriva de “Vulcano” dios Romano del fuego, de los herreros y los metales. Hijo de Júpiter y Juno, enseñó a los hombres el arte de trabajar los metales y fabricaba rayos para su padre Júpiter quien lo arrojó desde el cielo por haber nacido deforme. Era considerado el más feo de los dioses, y tuvo por esposa la más bella diosa del olimpo, Venus.

Para definir de una manera algo más formal un volcán, consiste en una abertura en la corteza terrestre a través de la cual se pueden producir erupciones de materia sólida, líquida o gaseosa, a temperaturas muy elevadas.

2.2 ¿QUÉ ES UN VOLCAN?

Los volcanes son una parte muy importante de nuestro planeta pues han ayudado a conformar la atmósfera, los océanos y la corteza terrestre. Son claves para interpretar la historia y evolución de la tierra y la naturaleza de su interior.

Los suelos formados por la meteorización de rocas volcánicas, además de ser excepcionalmente fértiles han ido dejando a disposición del ser humano diferentes clases de minerales, rocas, metales y gemas que poseen exclusivas propiedades químicas, físicas y estéticas, por esta razón y a pesar del peligro que representan, muchas personas viven cerca de ellos.

Los volcanes son una acumulación de magma (roca fundida) y gases que surgen desde el interior de la corteza; el ascenso de estos elementos ocurre generalmente en una actividad que se llama erupción. Como resultado de esta erupción, vapor de agua, humo, gases (dióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno, ácido clorhídrico y cloruros volátiles, gases sulfurosos y sulfhídricos, metano y otros hidrocarburos), cenizas, rocas y lava pueden ser lanzadas a la atmósfera. Las erupciones de los volcanes dependen de la composición del magma y de la cantidad de gases que lo acompañan. Pueden ser silenciosas y tranquilas o violentas y con grandes explosiones.

Un volcán es como una chimenea y es el medio por el cual el interior de la tierra se conecta con la superficie.

2.3. ORIGEN DE LOS VOLCANES

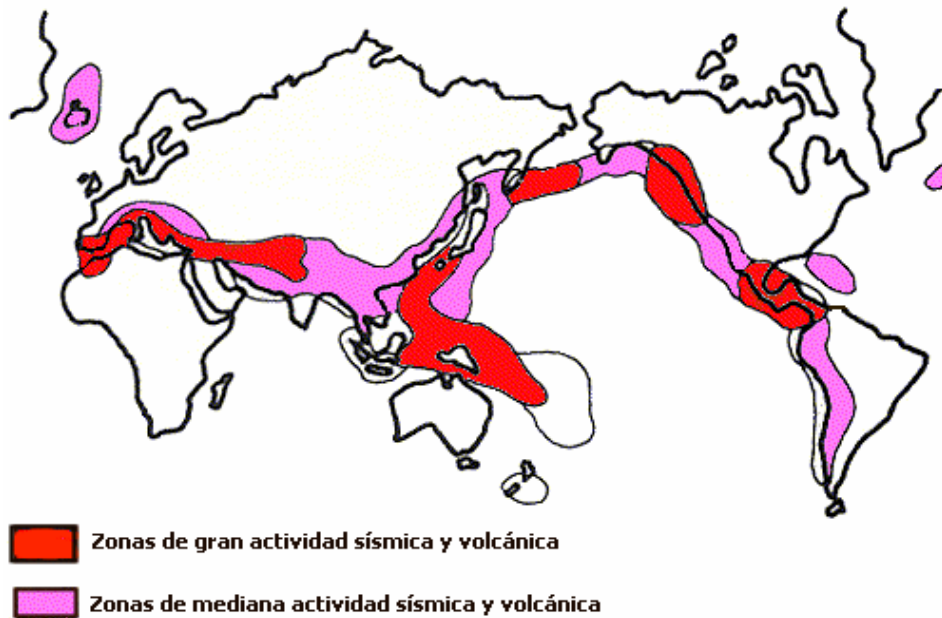
Doce placas tectónicas forman la corteza terrestre, el grosor de estas puede variar entre 50 y 100 Km.; se desplazan lateralmente o frontalmente chocando unas contra otras. Hay tres fenómenos asociados con el movimiento de estas placas y dos de estos tienen que ver con la formación de los volcanes. La tectónica de placas engloba y relaciona todos los fenómenos geológicos.

2.3.1 Tectónica de compresión

El primero es el fenómeno conocido como **tectónica de compresión**, la placa oceánica colisiona con la placa continental y ésta, la placa oceánica se sumerge bajo la placa continental debido a que posee mayor densidad. La placa que se hunde penetra en la astenósfera donde se funde, y la contraparte suele levantarse y arrugarse. El lento movimiento hacia las capas más profundas de la tierra de la placa oceánica provoca un aumento lento de su temperatura, hasta más de 1000 grados centígrados y a una profundidad de 100 kilómetros aproximadamente, las rocas de la placa oceánica se funden parcialmente formando diápiros⁶ magmáticos de gran tamaño, los cuales debido a su menor densidad (por estar a mayor temperatura) ascienden a la corteza, se enfrían, se solidifican y en su interior se genera una gran variedad de gases que tratan de salir hacia la superficie, originando conductos por los cuales el material saldrá a la superficie. Dicho fenómeno ocurre en zonas que son llamadas zonas de subducción y a su vez forman el anillo de fuego principalmente en la costa oeste de América del Sur (Chile, Perú, Ecuador, Colombia), Japón, Aleutianas, Java y partes del Mar Mediterráneo.

⁶ Diapiros: "Masa rocosa (por ejemplo, un domo salino) que por razón de su plasticidad revienta los pliegues al ser comprimida y se extiende por encima de rocas estratigráficamente superiores." Def. Tomada de <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/D.asp>

Figura 3. Zonas de Actividad sísmica



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/los-volcanes.html>

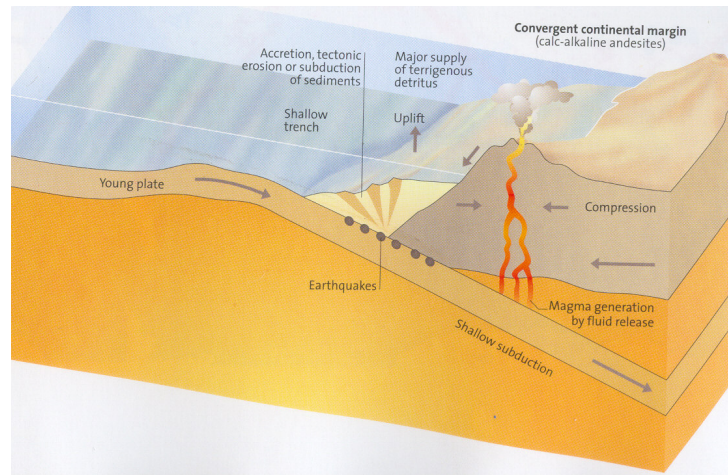
Los volcanes construyen y destruyen el relieve, en una erupción se emiten grandes cantidades de ceniza que pueden ser transportadas grandes distancias, estas cenizas ayudan en la formación de suelos fértiles.

2.3.1.1 Volcanes de subducción

Son aquellos que se forman por el fenómeno de subducción, donde la corteza terrestre fundida asciende a la superficie ayudando así a la formación no solo de volcanes sino también de islas. La subducción ocurre principalmente en las zonas conocidas como el anillo de fuego principal circunpacífico y en los anillos secundarios precaribeño, mediterráneo e indonesio. Estos volcanes se caracterizan por la formación de elevados picos y porque la mayoría de sus erupciones son explosivas y con productos de material piroclástico como, cenizas, piedra pómez y bombas (rocas de grandes dimensiones hasta del tamaño de una

casa). En este tipo de volcanes las lavas son escasas pero cuando las hay, por lo general son densas, de grandes espesores y corta longitud.

Figura 4. Volcanes de subducción



Fuente: Volcanes de Colombia

2.3.2 Tectónica de distensión

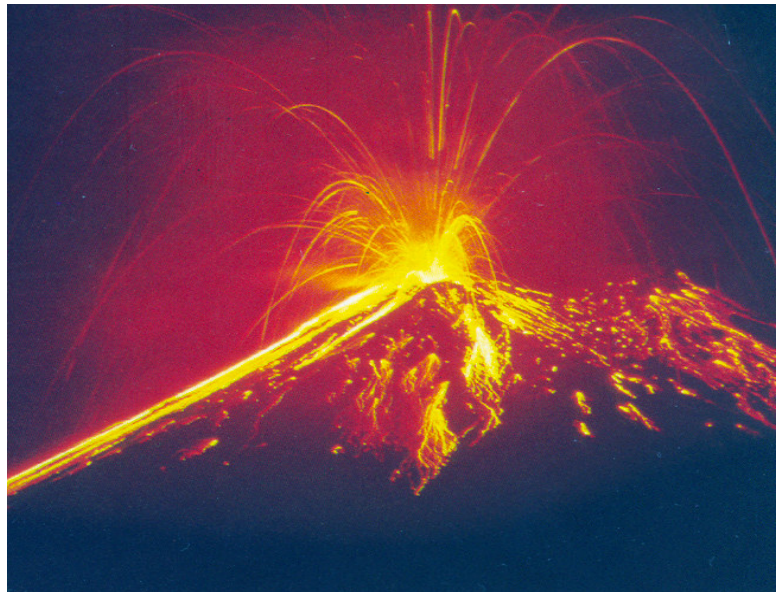
El segundo fenómeno lleva por nombre **tectónica de distensión** y básicamente ocurre lo contrario al anterior ya que en este la placa esta siendo estirada y se rasga debido a las fuerzas de tensión.

2.3.2.1 Volcanes de Rift

Las zonas de rift son aquellas que presentan grietas conocidas con este mismo nombre, son manifestaciones de la divergencia y extensión que esta sufriendo la corteza terrestre. Estas zonas nacen como efecto de la separación de las placas y pueden producir sismos y actividad volcánica.

Este tipo de volcanes solo se encuentran en dos regiones, Islandia y África allí hay alrededor de 250 volcanes de este tipo en actividad. Las erupciones se caracterizan por ser menos explosivas que aquellas de los volcanes de subducción y solo el 40% del producto arrojado por sus bocas es piroclástico, lo que significa que el otro 60% son lavas fluidas.

Figura 5. Volcán Longai de Tanzania.



Fuente: Volcanes de Colombia.

El ultimo fenómeno, **punto caliente**, ocurre cuando en un mismo punto, bajo una placa se almacena un gran flujo de magma, este se abre paso desde el manto inferior hasta la astenósfera. Al llegar a superficie la el diápiro de magma se rompe extendiéndose por una gran área hacia la superficie generando un volcán de punto caliente.

Figura 6. Volcán Kilawea en Hawai



Fuente: Volcanes de Colombia.

2.4 FORMAS DE LOS VOLCANES

Una manera de clasificar los volcanes es de acuerdo a su forma, estos se dividen en las siguientes categorías, Estratovolcán y Volcanes de escudo. Esta clasificación se debe al tipo de material expulsado y a su vez es función del tipo de volcán.

2.4.1 Estratovolcán

Son las geformas más representativas y comunes, se caracterizan por ser grandes montañas cónicas que se denominan edificios volcánicos y son el resultado de la superposición capa tras capa de los diferentes productos de las erupciones.

Este tipo de volcán normalmente hace erupciones explosivas que al acumularse forman un cono que mantiene su salida o cráter en la cima. El 90% del volumen del volcán es material volcanoclástico. Otras de sus características es que son generalmente de composición andesítica⁷ lo que quiere decir que sus lavas tienden a ser viscosas. La interacción de estas lavas con el agua mencionada es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la alta explosividad de las erupciones.

Para la formación de este tipo de volcanes es necesaria una prolongada actividad eruptiva o varias erupciones en un mismo lugar, esta actividad repetitiva tiene como resultado la formación de un cono imperfecto o que en ocasiones se destruya repentinamente. A medida que el volcán crece es común la ramificación de la chimenea principal y por esta razón se forman volcanes adventicios o parásitos.

Los estratovolcanes más famosos del mundo son: el Vesuvio, Stromboli, Fujiyama, Etna, Santa Elena, Chimborazo, Aconcagua, Villa Rica y Guallatari.

En Colombia hay varios volcanes de este tipo localizados en las cumbres mas altas de la cordillera central, parte del macizo colombiano y en el nudo de los pastos, los que mas se destacan son, el Ruiz, Cerro Bravo, Puracé, Azufral, Tolima, Doña Juana, Galeras y Sotará (los últimos cuatro tiene los conos mejor formados).

⁷ Andesítica (adj) viene de Andesita: "Roca eruptiva joven de la familia de las porfiritas; es una forma efusiva de la diorita; contiene plagioclasa, augita, anfíbol, mica, etc. (plasma y fenocristales); formas corrientes: mantos, domos y filones. Abunda, sobre todo, en los Andes; en España, en las provincias de Murcia y Almería. Clases: anfibólica, augítica, cuarzosa, hiperstínica, labradónica, micácea, nefelínica y oligoclásica." Def. Tomada de <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/A.asp>

Figura 7. Cráter La Olleta en el complejo volcánico Ruiz-Tolima



Fuente: Tomado de Volcanes de Colombia

Figura 8. Monte Fuji en Japón



Fuente: Tomado de Volcanes de Colombia

2.4.1.1 Los conos de escorias

Estratovolcanes de menor tamaño que se forman en erupciones explosivas poco violentas en las que prevalecen fragmentos piroclásticos como ceniza, lapilli⁸ y bombas que caen formando un cono simétrico de poca altura. En las erupciones de estos volcanes los flujos de lava son escasos o inexistentes.

2.4.1.2 Los domos

Son volcanes formados por la acumulación de lava viscosa con pocos gases sobre un mismo orificio. El resultado es una estructura cupiliforme de tamaño regular. Estos domos son muy peligrosos debido a la viscosidad de la lava, que forma tapones que a su vez acumulan progresivamente la presión de los gases lo que conlleva a erupciones explosivas y muy violentas.

Figura 9. Vista aérea domo del Volcán Galeras



Fuente: fotógrafo José Fernando Duque

⁸ Lapilli: "Fragmentos piroclásticos cuyo tamaño esta entre 3 y 30 mm." Def. tomada de Volcanes de Colombia.

2.4.1.3 Las calderas

Son grandes depresiones semicirculares o circulares que resultan de las erupciones más violentas que se conocen, donde se derrumba el edificio volcánico. Dichas depresiones tienen dimensiones kilométricas y son conocidas como “calderas de hundimiento”. Las erupciones explosivas agrandan y fracturan el cráter y pueden resquebrajar el volcán mientras que la cámara magmática se esta desocupando. Los magmas de este tipo de volcán son riolíticos⁹ (los más viscosos), son expulsados al aire a altas temperaturas a modo de colada espumosa y fluyen por las laderas del volcán destruyendo todo a su paso, fenómeno conocido como nubes ardientes o flujos piroclásticos.

Otras calderas se forman por la explosión de la cima del volcán y así se convierte el cráter en caldera, a veces colapsa el interior del edificio volcánico sin que la cámara magmática sea desocupada.

2.4.1.4 Los cuellos volcánicos:

También conocidos con el nombre de agujas o pitones, son estructuras monolíticas resultado de erupciones o extrusiones de lava muy viscosa que al salir a la superficie se encuentran casi en estado sólido y forman columnas de poca altura. En otras ocasiones los cuellos resultan de la erosión del edificio volcánico.

⁹ Riolíticos (adj) viene de Riolita: “Roca volcánica ácida, de grano fino o vítrea, aproximadamente equivalente al granito.” Def. tomada de Volcanes de Colombia.

2.4.2 Volcanes de escudo

Son formados por lavas muy fluidas o basálticas¹⁰ que cuando se solidifican ya han recorrido varios kilómetros, por esta razón forman campos muy extensos de lava con pendientes muy suaves. Estos volcanes son menos peligrosos que los estratovolcanes debido a que sus emanaciones no están acompañadas de material piroclástico. Sus focos eruptivos no necesariamente son cráteres, también pueden ser fisuras. Los volcanes de escudo son mucho mas bajos que los estratovolcanes, son de grandes diámetros, con formas planas y redondeadas, pueden crecer y llegar a ser muy grandes. Un ejemplo típico de los volcanes de este tipo son los de Hawai, el Mauna Loa es el mas extenso de todos.

Figura 10. Volcán Mauna Ulu



Fuente: <http://www.palomar.edu/geology/g04.jpg>

¹⁰ Basálticas (adj) viene de Basalto: “Roca efusiva joven, básica, de color gris oscuro a negro y de estructura densa. Se compone fundamentalmente de plagioclasa, augita, olivino, nefelina, broncita y ortoclasa; en el plasma microgranudo se encuentran, en parte, anfíboles más pequeños (olivino, augita, plagioclasa). Como lava de volcanes terciarios, forma domos, mantos y coladas; es característica la desintegración en forma de bastoncitos. Se encuentra mundialmente extendido.” Def. Tomada de <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/B.asp>

2.5 TIPOS DE ERUPCIONES

El tipo de erupción depende de cuatro factores principales:

- La viscosidad del magma: los magmas mas fluidos son de carácter basáltico y su apariencia es como miel de abejas; luego están los andesíticos, dacíticos¹¹ hasta los magmas riolíticos, los cuales parecen brea fría. Estos últimos fluyen muy lentamente en masas grandes, por esta razón pueden causar taponamiento de los conductos volcánicos y por consiguiente crear las condiciones necesarias para una futura explosión.
- La presión interna de los gases: los magmas tienen gases en disolución, a mayor cantidad de gases más explosiva será la erupción y por ende más peligroso es el comportamiento del volcán. Los magmas basálticos poseen un contenido entre 0.5 y 1% en gases y van aumentando progresivamente en los andesíticos y dacíticos hasta llegar a los riolíticos que pueden tener gases volcánicos disueltos en un 5 o 6%.
- La velocidad de descompresión al llegar a la superficie: si la presión baja suavemente se dan erupciones tranquilas y fluidas, los gases tienen la oportunidad de salir del magma. Cuando hay un descenso repentino de la presión los gases disueltos aumentan bruscamente agravando la explosión. Según la ley de Boyle el volumen es inversamente proporcional a la presión, a medida que baja la presión aumenta el volumen del magma. La presión se mide en atmósferas, una atmósfera es la presión normal a nivel del mar, en el agua la presión aumenta una atmósfera cada 10 m y en el magma aumenta una atmósfera cada 4 m, es por esta razón es que cuando el magma emerge los gases alcanzan a multiplicar el volumen de la lava por factores hasta de cientos de veces.

¹¹ Dacíticos (adj) viene de Dacita: "Roca volcánica reciente; es una andesita que contiene cuarzo, abunda en Hungría y en América del Norte y del Sur." Def. Tomada de <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/D.asp>

- La cantidad de agua asociada a las lavas: el punto de ebullición del agua a orillas del mar es de 100°C el cual aumenta proporcionalmente a la temperatura, a grandes profundidades se puede encontrar agua a 300°C en estado líquido mezclado con el magma. Cuando un volcán hace erupción se liberan bruscamente las presiones y el agua pasa bruscamente de estado líquido a gaseoso multiplicando por factores altísimos las presiones internas.

2.5.1 Vulcaniano

Su geoforma corresponde a la llamada cono de escorias, que se compone de un cono simple con chimenea central única, relativamente estrecha respecto al diámetro del cono. Montaña regular de fuerte pendiente terminada en cráter. Estructuralmente es un estratovolcán (capas alternas de lava y material piroclástico) sus productos son: bombas, lapilli cenizas y sin coladas de lava. Un ejemplo representativo de este tipo de volcán es: Vulcano, de las Islas Lípari inactivo hace más de 70 años.

Figura 11. Vulcano en las Islas Lípari.



Fuente: <http://www.agama.net/fosici/it034.jpg>

2.5.2 Etniano

Similar al Vulcaniano pero con chimeneas secundarias, que constituyen conos parásitos. Ej: Etna, Italia.

2.5.3 Estromboliano

Es la forma más común y su geofoma es típica de un estratovolcán, sus emisiones son abundantes en gas de alta presión que van edificando un cono pronunciado de perfil cóncavo. Cráteres secundarios o adventicios pueden resultar ocasionalmente en sus costados y estos emiten algunas lavas fluidas. Se caracterizan por incesantes explosiones que se pueden producir en parte por la rotura de las paredes del cráter las que proyectan haces de bombas y escorias. Los productos de este tipo de erupción van desde escorias gruesas hasta cenizas finas y algunas lavas endurecidas, que le da la típica estructura de capas o estratos. Un ejemplo típico de este tipo de erupción es: Strómboli, en las Islas Lípari. El cráter tiene 770 m de diámetro y en su fondo hierve la lava aún fluida y burbujeante.

2.5.4 Vesubiano

Cono central rodeado por las paredes del antiguo cráter que constituye el soma o somma. Ej: Vesubio, Italia.

2.5.5 Peleano

Cono del tipo Vulcaniano con el agregado de una aguja o espina, formada por la lava solidificada. Si las lavas son espesas como dacitas y riolitas no hay coladas ni emisiones abundantes y la presión interior va extruyendo la densa lava. Durante

esta erupción se emiten mas gases que sólidos a presiones muy altas, estos gases salen por lo general en la típica columna negra con forma de hongo. Ej: Montaña Peleana, Martinico.

Figura 12. Cráter y emisión de cenizas del Volcán Galeras



Fuente: <http://intranet.ingominas.gov.co/pasto/Fotograf%EDas>

2.5.6 Hawaiano

cráter ancho y bajo, lleno de lava que va fluyendo lentamente y con tranquilidad sobre el borde del cráter formando ríos y cascadas que capa tras capa van formando un escudo de pendientes suaves. Las erupciones pueden ser moderadas, sin proyecciones violentas de bombas o ceniza y muy rara vez arrojan piroclastos. Ej: Kilauea, Islas Hawai.

2.5.7 Eifeliano

Cráter casi siempre lleno de agua. Ej: cráteres del distrito de Eifel, Alemania.

2.6 TIPOS DE MAGMA

El comportamiento de un volcán depende de las propiedades del magma el cual se ha modificado en su lento viaje hacia la superficie de la corteza, estas propiedades son la plasticidad y la relación fluidez – viscosidad.

La plasticidad del magma depende de la temperatura, si la temperatura disminuye el magma será mas plástico lo que quiere decir mas sólido, por esta razón el ascenso hacia la superficie se hace difícil. La viscosidad depende de la proporción de sílice que contenga el magma.

Originalmente el magma es basáltico por lo tanto es rico en hierro y pobre en sílice, su composición es de 50% sílice y 15% aluminio, el porcentaje restante se divide entre hierro, calcio, magnesio y otros. A medida que el magma asciende su composición va cambiando así como la composición de las rocas que resultan cuando la lava emerge y se enfría. Estas rocas se clasifican en cuatro grandes grupos:

- Basaltos – 50% sílice
- Andesitas – 60% sílice
- Dacitas – 65% sílice
- Riolitas – 70% sílice

El comportamiento de la erupción y la peligrosidad del volcán dependen básicamente del porcentaje de sílice que se encuentra en cada una de las rocas anteriormente mencionadas. Por esta razón las lavas basálticas son fluidas como miel y forman los tranquilos volcanes hawaianos a diferencia de las lavas riolíticas, las de mas porcentaje de sílice que son densas como breña y tiende a obstruir los conductos y las chimeneas lo que genera erupciones violentas y explosivas que caracterizan los volcanes colombianos y la gran mayoría de volcanes de subducción.

Las lavas andesíticas y dacíticas en su mayoría están compuestas por una gran cantidad de cristales y en algunos casos una matriz microcristalina. Tienen principalmente dos partes: el cuerpo central, el cual es alimentado directamente desde el conducto volcánico y que esta compuesto por lava maciza o en grandes bloques, este cuerpo central está recubierto por una cubierta de material fragmentado compuesta por bloques y ceniza, de apariencia escoriácea. Esta cubierta es llamada brecha de lava ó auto brecha, en ocasiones llega a constituir 1/3 del espesor del flujo, es formada por el rápido enfriamiento de la superficie de la lava, la cual se vuelve menos móvil que el interior, generándose así una fragmentación de la superficie por la diferencia de velocidades entre el interior y la parte superior del flujo. Así mismo esta brecha de lava sufre un fuerte proceso de oxidación por acción del oxígeno atmosférico y en algunos casos soldamiento, lo cual imprime una apariencia muy característica a este tipo de depósitos.

Figura 13. Tipos De magma. De izquierda a derecha Basalto, Andesita, Dasita, Riolita.



Fuente: Volcanes de Colombia

2.7. TEXTURA DE LA LAVA

La textura de la lava se clasifica de acuerdo su temperatura y a la velocidad de la colada durante la erupción; se divide en los siguientes dos grupos:

2.7.1 Cordada o pahoehoe

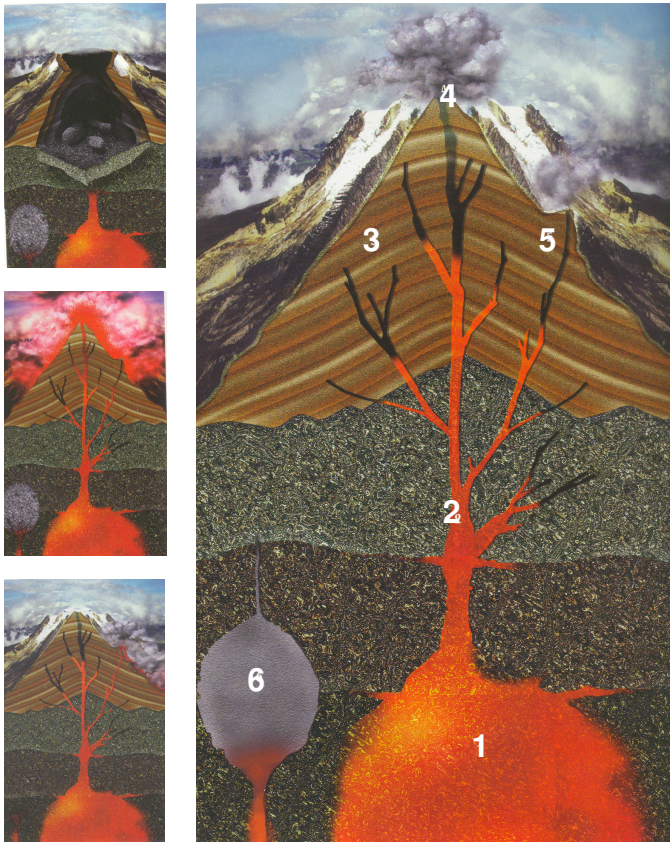
Tiene una superficie lisa pero retorcida. La origina un flujo rápido de lava fluida, que al enfriarse desarrolla en su superficie una piel plástica. La piel forma pliegues curiosos al ser arrastrada por lava líquida que circula por debajo.

2.7.2 Escoria aa

Tiene un aspecto muy rugoso parecido a la escoria, y se forma por un movimiento lento o por efusiones relativamente frías.

2.8. PARTES DE UN VOLCÁN

Figura 14. Corte típico de un Estratovolcán.



1. Cámara magmática: es el lugar donde se acumula el magma en la corteza terrestre antes de salir a la superficie.
2. Chimenea: es el conducto por donde asciende el magma.
3. Estratovolcán
4. Cráter: es el sitio de salida de los productos emitidos por el volcán.
5. Cráter parásito
6. Cámara magmática solidificada.

Fuente: Volcanes de Colombia

2.9. FENÓMENOS VOLCÁNICOS SECUNDARIOS

Se presentan en las regiones volcánicas, durante erupciones y entre erupciones. Estos fenómenos secundarios pueden observarse y están relacionados con la actividad volcánica.

2.9.1 Las fumarolas

Son desprendimientos de gas o de vapores que se producen por las fisuras del suelo en la proximidad de los volcanes y se clasifican de la siguiente manera:

- Fumarolas sulfurosas: ricas en hidrógeno sulfurado que en contacto con el aire dejan importantes depósitos de azufre.
- Fumarolas de gas carbónico: grutas del perro en Nápoles, Italia y en Royat, Francia.
- Fumarolas metalíferas: que depositan minerales de hierro y cobre, de esta manera se forman los filones metalíferos en ciertas grietas del suelo.
- Fumarola solfatara: contiene dióxido de azufre que se extiende por grandes zonas y por esta razón no hay vida vegetal. A la salida de las solfataras suelen formarse cristales de azufre.

2.9.2 Los géiseres

Son surtidores de agua y vapor a grandes presiones cuya temperatura oscila entre los 70 y los 100 °C. Se manifiestan a menudo intermitentemente (cada hora, o cada 24 horas, por ejemplo) y pueden durar unos minutos o varias horas. Existen muchos en América del norte, Nueva Zelanda e Islandia.

2.9.3 Las fuentes termales

Son manantiales de agua caliente cuyas temperaturas varían entre 36 y 56 °C. Surgen en forma regular, proceden, o vienen de aguas de infiltración que se han calentado en la profundidad del suelo o bien de la condensación del vapor de agua emitido por los magmas. La mayor parte de las veces las aguas termales llevan disueltas diversas sustancias y son, por tanto, aguas minerales. Se suelen clasificar, de acuerdo con las sustancias disueltas en ellas:

- Aguas aciduladas: que contiene sobretodo gas carbónico.
- Aguas salinas: que contienen cloruro de sodio y sulfato de magnesia.
- Aguas sulfurosas: que contienen sulfuro de sodio e hidrógeno sulfurado libre.
- Aguas ferruginosas: que contienen sales de hierro.

2.9.4. Nube ardiente

Mezcla turbulenta de gases y cenizas muy calientes, esta mezcla más pesada que el aire se comporta como una avalancha líquida que desciende a altas velocidades. Este fenómeno se puede formar de dos maneras, la primera una columna de ceniza y piroclastos es arrojada con gran fuerza hacia arriba en algún momento puede colapsar debido a la fuerza de gravedad o es posible que el chorro pierda fuerza de suspensión. La segunda forma se genera cuando el domo colapsa por el vaciamiento de la cámara magmática, este derrumbe hace que las cenizas y gases broten por el cráter donde comienza el descenso.

2.9.5 Lluvias de ceniza

Las cenizas volcánicas no son cenizas como tal, sino arena que es expedida a la atmósfera, estas pueden causar daños mayores que las corrientes de lava, porque afectan a extensiones mayores. El tamaño de las partículas que forman la ceniza volcánica es menor de 4 mm. de diámetro y el volumen de cenizas producidas se mide en Km. cúbicos. Generalmente dichas cenizas se depositan en un radio de 10 Km. alrededor del volcán.

2.10 VOLCANES DE COLOMBIA

La actividad volcánica de Colombia es básicamente el resultado del choque de la placa de nazca contra la placa del pacifico y mientras este choque exista habrá actividad volcánica. Los volcanes de Colombia pertenecen al vulcanismo de subducción, y se debe aclarar que en dichos volcanes no es normal que ocurra expulsión de lava, y si estas se presentan no son en grandes volúmenes ni recorren grandes extensiones. El peligro de estos volcanes es que además de ser explosivos los residuos de las explosiones que se van acumulando en las laderas del volcán sumados a los cambios climáticos generan avalanchas que forman coladas de lodo.

Se cree que la actividad volcánica en Colombia comenzó desde la segunda mitad de la era cenozoica o terciaria¹² (periodos mioceno y plioceno) hace aproximadamente entre 25 y 11 millones de años, estos han tenido periodos

¹² Cenozoica o terciaria: "El desarrollo de la historia desde su origen se divide en cinco eras geológicas: Arcaica (Arqueozoico). Primaria (Paleozoico), Secundaria (Mesozoico), Terciaria (Cenozoico) y Cuaternaria (Neozoico). De su estudio se ocupan la geología, la paleontología y unas ciencias afines." Def. Tomada de <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico/H.asp>

largos de reposo pero con especial actividad en la era actual (cuaternario), pues es en esta era donde se han formado los volcanes que actualmente conocemos.

El Instituto Smithsonian clasifica los volcanes por regiones o subregiones geográficas y a cada uno le dan un código. Colombia pertenece a la región 15 que corresponde a Sur América y Colombia es el país 01 así que el código para este país es 1501. En cada país hay un numero de volcanes activos y son estos los que pertenecen a esta lista y se enumeran comenzando en uno de norte a sur. Los volcanes de Colombia que aparecen en dicha lista son:

Tabla 1. Codificación internacional

Lista Instituto Smithsonian	
Código internacional	Nombre del Volcán
1501-01	Mesa Nevada de Herveo
1501-02	Ruiz
1501-03	Tolima
1501-04	Machín
1501-05	Huila
1501-06	Puracé
1501-061	Sotará
1501-062	Petacas
1501-07	Doña Juana
1501-08	Galeras
1501-09	Azufral
1501-10	Cumbal
1501-11	Cerro Negro de Mayasquer

Fuente: Volcanes de Colombia.

Los volcanes colombianos se pueden dividir en tres grandes grupos que se describirán a continuación:

2.10.1 Volcanes del sur

Este es un grupo de estratovolcánes ubicados en la zona andina del departamento de Nariño, y en el sur oriente del departamento del Cauca; Es en esta zona del país donde se encuentran las tres cordilleras y se conoce como Nudo de los Pastos. Los volcanes localizados en esta zona son continuación de los volcanes ecuatorianos, se caracterizan por estar en general bien formados, por tener un relieve suave y unos suelos ricos gracias a las constantes y prolongadas lluvias de ceniza; además se pueden encontrar volcanes de todas las edades¹³. En esta región se han presentado erupciones ignimbríticas, nubes ardientes, y flujos de lava extensos. Los volcanes más representativos de estas zonas son El Chiles, Cumbal y Azufral del sur occidente del departamento de Nariño, el Doña Juana, Petacas, Ánimas y Tajumbina. Sin embargo el volcán más destacado de esta zona es el Volcán Galeras.

Figura 15. Vista aérea del edificio volcánico del Galeras



Fuente: <http://intranet.ingeminas.gov.co/pasto/Fotograf%EDas>

¹³ Ver Anexo A Volcanes de sur

2.10.2 Volcanes del Macizo Colombiano:

Se le da este nombre al área montañosa de la cordillera central. En esta región nacen 4 de los ríos más importantes del país, el Magdalena, El Cauca, el Patía y el Caquetá. Esta zona cobija gigantescos volcanes inactivos y otros muy activos y altamente peligrosos como El Puracé¹⁴. El Puracé en lengua quechua significa montaña de fuego y por su carácter explosivo es considerado uno de los más peligrosos del país. Las erupciones de este volcán han presentado emisiones de ceniza, lapilli, bombas y peligrosos flujos de lodo (lahares).

Figura 16. Volcán Puracé



Fuente: <http://www.sjordi.com/pictures/colombia/big/col20.jpg>

¹⁴ Ver Anexo. Volcanes del macizo Colombiano.

2.10.3 Volcanes de la Cordillera Central

Los volcanes localizados en esta área son rodeados por grandes y extensos paramos, y lagunas esplendorosas. Este grupo está conformado más o menos por unos 20 volcanes entre activos e inactivos, recientes y antiguos. Al norte de la cordillera entre los departamentos de caldas, Risaralda y Tolima se encuentra el complejo volcánico Ruiz-Tolima conocido también como el Parque Nacional Natural Los nevados.

El volcán nevado del Ruiz es uno de los más importantes y conocidos de esta zona. Es un volcán activo y se caracteriza por sus erupciones explosivas con emisiones de piroclástos.

Figura 17. Ubicación geográfica de los volcanes en Colombia.



Fuente: Volcanes de Colombia

Aunque el enfoque de este proyecto son los fenómenos Volcánicos Colombianos mas específicamente el fenómeno que ocurre en el volcán galeras, es importante entender y profundizar un poco en los otros para entender las diferencias y las razones por las cuales difieren. Como el volcán galeras es la base sobre la cual se construirá el proyecto a continuación se resaltarán los aspectos más importantes y relevantes de este volcán.

2.11 VOLCÁN GALERAS

La asociación internacional de vulcanología y química del interior de la tierra (IAVCEI) se dedica entre otras tareas al estudio y monitoreo de 14 volcanes del mundo, entre ellos El Galeras, debido a su actividad reciente y al gran peligro que este genera. El Galeras Surgió aproximadamente entre 4.8 y 1.1 millones de años, su cono se construyo como resultado de violentas explosiones de bombas, lapilli, ceniza y material lávico. Este volcán es uno de los más activos en Colombia y uno de los que mas reportes históricos posee.

Como la mayoría de volcanes de este país, el Galeras esta clasificado como estrato volcán, bajo el código mencionado anteriormente 1501-08. Se encuentra ubicado sobre la convergencia de la cordillera central y la cordillera occidental, para ser más exactos en el lugar conocido como Nudo de los Pastos. Este volcán como algunos otros de la zona esta asociado a unos sistemas de fallas donde las más importantes son conocidas con los nombres de Romeral y Buesaco. El Galeras no es solo un volcán, pertenece al complejo volcánico Galeras que es un conjunto volcánico conformado no solo por volcanes antiguos sino también por algunos volcanes recientes. El volcán en si, tiene por lo menos 4 calderas viejas de mayor tamaño que la actual, por las cuales se sabe que este volcán ha tenido varias construcciones y destrucciones. Sus principales características son las siguientes:

Su forma es cónica, la base perfecta mide entre 20 y 25 Km. de diámetro y se eleva a 1800 m sobre la ciudad de San Juan de Pasto localizada a solo 6 Km. al oriente del volcán, pero su cráter reposa a 4277 metros sobre el nivel del mar. Dicho cráter alguna vez fue cubierto por hielo, pero este desapareció más o menos en el año de 1948. Su edificio volcánico no está perfectamente conservado pues fue parcialmente destruido en su costado occidental por una fuerte explosión lateral. Las recientes explosiones del Volcán se le atribuyen a un pequeño cono en el interior del cráter principal de 146 m de alto y a 120 m de diámetro es como un pequeño volcán dentro de uno más grande, estos también son conocidos como cráter interno y cráter externo o anfiteatro. Las más grandes explosiones de este volcán ocurrieron hace millones de años pero durante los pasados 4 siglos el volcán se ha manifestado con erupciones y frecuente actividad sísmica. Es un volcán activo, ya que actualmente tiene flujos de lavas, ignimbritas, nubes ardientes, lahares y caída de piroclastos.

El volcán y su entorno son protegidos como santuario de flora y fauna pues no solo es allí donde se originan muchas corrientes hídricas sino que además nacen las únicas fuentes de abastecimiento de agua potable de la región. Las lagunas más importantes son la laguna Telpis, la laguna Mejía, la laguna Negra, la laguna verde; se destacan ríos como Cariaco y Azufral. El volcán también es hogar de muchos seres vivos, pues en sus laderas habitan algunos de los 21 poblados indígenas que rodean a Pasto, un gran potencial de avifauna más de 100 especies registradas, y entre los mamíferos cuenta con chuchas, venados, armadillos, liebres y osos de anteojos entre otros.

2.12 ESTADO DEL ARTE

Actualmente en el mundo existe, una gran cantidad de museos interactivos orientados al reforzamiento del aprendizaje mediante la experimentación y el juego.

Las experiencias interactivas van desde la simulación de un fenómeno físico, natural o químico, hasta el desarrollo de las telecomunicaciones, la construcción y la tecnología. Todo el conocimiento que pueda adquirir el hombre se puede enseñar a través de una experiencia interactiva.

Los inicios del aprendizaje por medio de una experiencia interactiva, se deben a la aparición de las computadoras, primer elemento físico mediante el cual el hombre reforzaba y aplicaba sus conocimientos, y con el cual la interactividad empezó a tomar un papel importante en el reforzamiento de los conocimientos teóricos a través de la práctica¹⁵.

La aparición de este tipo de prácticas en la educación, se debe principalmente al avance que ha tenido en este último siglo la psicología y las teorías instruccionales, que han tratado de sistematizar los mecanismos asociados a los procesos mentales que hacen posible el aprendizaje.

El propósito de las teorías educativas es el de comprender e identificar estos procesos y a partir de ellos, tratar de describir métodos para que la instrucción sea más efectiva. Es en este último aspecto en el que principalmente se basa el diseño instruccional, que se fundamenta en identificar cuáles son los métodos que deben ser utilizados en el diseño del proceso de instrucción, y también en determinar en qué situaciones estos métodos deben ser usados.

¹⁵ Anexo 3 Teoría del conocimiento.

El estudio de la mente y de los mecanismos que intervienen en el aprendizaje se ha desarrollado desde varios puntos de vista basados en la misma cuestión fundamental, a saber: ¿Cuáles son las condiciones que determinan un aprendizaje más efectivo?.

En un primer lugar, desde un punto de vista psicológico y pedagógico, se trata de identificar qué elementos de conocimiento intervienen en la enseñanza y cuáles son las condiciones bajo las que es posible el aprendizaje. Por otro lado, en el campo de la tecnología instruccional, se trata de sistematizar este proceso de aprendizaje mediante la identificación de los mecanismos y de los procesos mentales que intervienen en el mismo. Ambos campos van a servir de marco de referencia para el desarrollo de los sistemas de enseñanza basados en computador.

Dentro de las teorías del aprendizaje podemos encontrar diferentes enfoques sobre los cuales se formula un metodología para la enseñanza, es así como podemos diferenciar 2 enfoques principales el conductista y el cognitivista.

El enfoque conductista, es en el cual la mente se comporta como una “caja negra”, donde el conocimiento se percibe a través de la conducta, como manifestación interna de los procesos mentales internos, es medido en términos de resultados, solo proporcionan una descripción cuantitativa de la conducta y no permiten conocer el estado interno en el que se encuentra el individuo ni los procesos mentales que podrían facilitar o mejorar el aprendizaje.

El enfoque cognitivista, tienen su principal exponente en el constructivismo. El constructivismo en realidad cubre un espectro amplio de teorías acerca de la cognición que se fundamentan en que el conocimiento existe en la mente como representación interna de una realidad externa. El aprendizaje en el constructivismo tiene una dimensión individual, ya que al residir el conocimiento en

la propia mente, el aprendizaje es visto como un proceso de construcción individual interna de dicho conocimiento.

Otra de las teorías educativas cognitivas es el conexionismo. El conexionismo es fruto de la investigación en inteligencia artificial, neurología e informática para la creación de un modelo de los procesos neuronales. Para las teorías conexionistas la mente es una máquina natural con una estructura de red donde el conocimiento reside en forma de patrones y relaciones entre neuronas y que se construye mediante la experiencia [Edelman, 1992, Sylwester, 1993]. En el conexionismo, el conocimiento externo y la representación mental interna no guardan relación directa, es decir, la red no modeliza o refleja la realidad externa porque la representación no es simbólica sino basada en un determinado reforzamiento de las conexiones debido a la experiencia en una determinada situación¹⁶.

Basado en este tipo de aprendizaje, el que va ligado a una experiencia real, funcionan las experiencias interactivas, y bajo la premisa de que el aprendizaje obtenido bajo este método, permanece en la mente debido a la asociación que hace el individuo con la experiencia vivida cuando requiere del uso del conocimiento adquirido.

Nacen entonces los museos interactivos con el objetivo de ayudar al reforzamiento de la educación de jóvenes y niños, que se conecten de una manera divertida a la obtención de conocimiento, explorando por fuera de las aulas y convirtiendo la teoría en una experiencia real.

Al final de los años sesenta se empieza hablar de los museos interactivos para ver y tocar. Con el “Exploratum” de San Francisco y posteriormente con “La Villete” de

¹⁶ Anexo 3, Teorías del conocimiento.

Paris, se inicio una verdadera revolución cultural en la vida de los museos, convirtiéndose más en centros de comunicación que de herencia cultural¹⁷.

2.12.1 Museos y experiencias interactivas en el mundo

La revolución cultural que suscito la aparición del museo interactivo, tuvo resonancia alrededor del mundo, y cada país quiso a su manera y haciendo uso de sus elementos culturales, crear espacios de esta índole para sus niños y jóvenes.

Pero no solo los países quisieron acoger esta propuesta recreativa y educativa, las empresas tanto del sector publico como privado han ido desarrollando propuestas, en las cuales por medio de la interactividad se le explica al publico lo que hacen y como lo hacen.

A continuación se presentan algunos de los museos con experiencias, que se relacionan con este proyecto, la tierra, los volcanes, la geología:

- **PARQUE DE LAS CIENCIAS**

En el parque de las Ciencias el área central es Biosfera. Se basa en la vida del planeta. Biosfera esta propuesta como un medio lleno de sistemas relacionados donde se muestra que la diversidad es el factor que más cuidado merecerá.

La tierra es el producto de una larga evolución, es cambiante y dinámica. Los organismos vivos, todos los componentes y las condiciones ambientales son la garantía de vida. Los habitantes de la tierra deben encontrar rutas para tener

¹⁷ Anexo 1, Explora proyecto de ciudad, antecedentes.

siempre la mejor calidad de vida con un desarrollo sostenible. Para lograrse se debe entender el funcionamiento del mundo teniendo en cuenta todo tipo de investigaciones que proporciona la ciencia.

Figura 19. Sala biosfera 1



Fuente: www.parquedelasciencias.com

Figura 20. Sala biosfera 2



Fuente: www.parquedelasciencias.com

En el parque se encuentra **Percepción**, una sala que muestra todo lo relacionado con los sentidos, cuenta con una gran variedad de experiencias con luz y sonido que muestran la interrelación de fenómenos y como se deben percibir. La sala enseña sobre la naturaleza de la luz, la reflexión, la refracción y como los sentidos y cerebro interpretan el mundo en el que vivimos.

Figura 21. Sala percepción 1



Fuente: www.parquedelasciencias.com

Figura 22. Sala percepción 2



Fuente: www.parquedelasciencias.com

- **CASA CIENCIAS**

Es una institución creada para la divulgación de la ciencia. Se vive la ciencia, acercando a los visitantes a la actualidad científica, despiertan la curiosidad por la física, enseñan a mirar el cielo y a experimentar la fuerza de la gravedad.

Fuerzas ocultas con solo activar algunos botones se produce un movimiento que muestra la interacción entre un núcleo suspendido del cable y las bobinas conectadas a los botones. Sin tocar el péndulo se pueden observar varios ensayos, se puede ver oscilando, girando en un punto diferente del central.

Figura 23. Fuerzas ocultas.



Fuente: www.casaciencias.org

- **MUSEO DE LA CIENCIA Y EL AGUA**

El museo fomenta la curiosidad y de una forma divertida y participativa acerca a los visitantes a los conocimientos científicos. La divulgación científica ayuda a la toma de decisiones que nos pueden ser de gran apoyo para el futuro.

Las erupciones volcánicas es una exposición temporal que enseña que las erupciones son procesos que se dan en el interior de la tierra e indican la llegada de magma a la corteza. La actividad volcánica es la única muestra de lo que pasa en las capas mas profundas de la tierra.

Figura 24. Erupción volcánica 1



Fuente: www.cienciayagua.org

Figura 25. Erupción volcánica 2



Fuente: www.cienciayagua.org

- **COSMOCAIXA**

En el parque se harán grandes y divertidos descubrimientos y se percibirán toda clase de fenómenos. Se despertará la curiosidad por la ciencia por medio de juegos.

La sala del Clic, es un área donde el juego y la educación son la herramienta para la observación y la deducción, se convierten en herramientas para el descubrimiento. Por medio de los sentidos las máquinas la sala despiertan la intriga y la curiosidad del público en general.

Los menores de edad por medio de la interacción vivirán su primera aproximación a la ciencia.

Figura 26. Sala de clic



Fuente: <http://portal1.lacaixa.es>

La sala del Flash, cuenta con módulos interactivos que presentan la vivencia de fenómenos como la ley natural y el conocimiento de una técnica, por medio de pruebas, la lógica y el dialogo se descubrirán diferentes características de la ciencia y el mundo.

Figura 27. Sala del flash



Fuente: <http://portal1.lacaixa.es>

El Muro geológico es uno de los elementos más emblemáticos. Los cortes muestran una estructura geológica y los procesos que la han originado. Algunas estructuras están formadas por procesos como la erupción, la sedimentación, el vulcanismos y los pliegues. Algunas de estas estructuras están formadas por procesos superficiales, como la erosión y la sedimentación, y otras están relacionadas con procesos internos como el vulcanismo, las fallas o los pliegues.

Figura 28. Muro geológico 1



Fuente: <http://portal1.lacaixa.es>

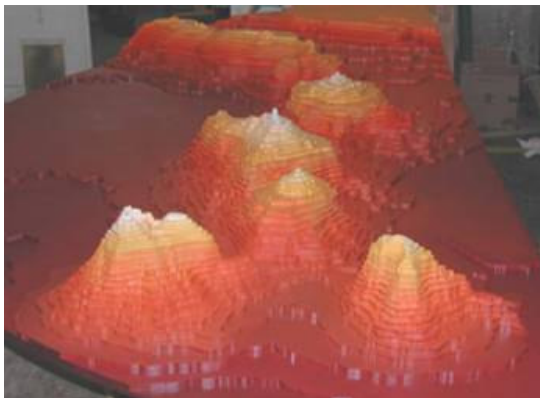
Figura 29. Muro geológico 2



Fuente: <http://portal1.lacaixa.es>

Volcanes. Es una maqueta topográfica de las islas canarias, esta se encuentra en la exposición itinerante. Esta se divide en dos partes, la parte inferior y superior del nivel del mar, la parte submarina se observa modificando la iluminación.

Figura 30. Maqueta topográfica



Fuente: <http://portal1.lacaixa.es>

- **MUSEO EN MÉXICO**

www.nmmnh-abq.mus.nm.us

Edad de los volcanes, los volcanes siempre han sido una parte importante en la historia de Nuevo México, en la sala se puede caminar por un volcán en erupción. En esta exhibición se puede sentir el calor, el ruido, ver la lava y sentir el olor a azufre, también se pueden ver minerales que se han creado por los volcanes.

- **EXPLORATORIUM**

El parque cuenta con una colección de más de 35 exhibiciones interactivas que invitan a los visitantes a girar, voltear, oscilar y a jugar mientras exploran los principios fundamentales de la naturaleza, como son la naturaleza de la luz, las tormentas y las dunas. En las exposiciones permanentes como el universo y el planeta tierra se observan, examinan y se exploran todos los fenómenos, basado en cuatro temas, la tierra, rotación, espejos e ilusiones. Los usuarios experimentan la diversión y el entusiasmo del descubrimiento científico. Exploratorium promete brindar curiosidad, animar. aprender utilizando los sentidos e inspirar a los visitantes a la investigación.

Figura 31. Exploratorium



Fuente: www.exploratorium.edu

- **PASS**

Pass es un lugar inusual que invita a descubrir el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad de una manera activa y entretenida.

Una de las salas que encontramos es la de los espejos misteriosos, una exposición donde toda la familia puede reflejar la identidad e imagen de una manera divertida por medio de una serie de experimentos ópticos.

Figura 32. Espejos misteriosos



Fuente: www.pass.be

Otra de las salas nos demuestra que aprender puede ser un placer y una opción abierta para todos. Aprender es una cuestión de la curiosidad, confianza y deseo.

La exposición ofrece 26 experimentos entretenidos, educativos y que sorprenden, demostrando que aprender es una actividad diaria.

Figura 33. Pass



Fuente: www.pass.be

- **CENTRO DE CIENCIA DE SINALOE**

En el centro de ciencia se encuentran diferentes salas como: la vida, el universo, hombre, sentidos, tierra, energía, matemáticas y computación.

Las salas más relevantes en el parque son:

Sala de la tierra: El planeta tierra ha pasado por muchos cambios con el paso del tiempo. La sala muestra de acuerdo con la teoría de Pangea, que los cambios que se han dado en la tierra son debido a los fenómenos naturales, como son los tornados, terremotos, y fallas provocadas por el movimiento de las placas

tectónicas. También da a conocer desde la anatomía de un volcán, hasta la clasificación de los diversos tipos de rocas.

Figura 34. Sala de la tierra



Fuente: www.ccs.net.mx/

Sentidos. Es la sala más divertida del parque, está dividida en dos partes, oído y vista. La primera parte muestra como el sonido viaja en ondas y un modelo gigante para ver como funciona nuestro oído. La segunda parte muestra y enseña a percibir las imágenes, como viaja la luz y porque tenemos dos ojos.

Figura 35. Sala de los sentidos



Fuente: www.ccs.net.mx/

- **MNCN**

La sala **“Viviendo con volcanes”** tiene como objetivo enseñar cómo se producen los procesos volcánicos. Es una exposición dirigida a todos los visitantes, en esta se combinan diferentes soportes y elementos, acompañados por ayudas audiovisuales y sistemas interactivos. La muestra se complementa con una selección de rocas y diferentes maquetas que le permiten al usuario visualizar con mayor facilidad los fenómenos.

Figura 36. Viviendo con volcanes 1



Fuente: www.mncn.csic.es

Figura 37. Viviendo con volcanes 2



Fuente: www.mncn.csic.es

- **MIM**

En el MIM los visitantes se darán cuenta que la física, la tecnología, la biología y las ciencias en general no son aburridas. Por medio de la física podrán levantar su propio peso, por medio de la biología disfrutar del cine y con la tecnología programar un robot.

Visitando el museo de ciencia y tecnología los usuarios se darán cuenta que tienen todo un mundo por conocer.

La tierra tiene varios secretos que contarnos, por eso en la sala se conocerán un sin número de fenómenos a gran escala, de los cuales a veces no somos conscientes.

Figura 38. MIM



Fuente: www.mim.cl

- **PARQUE DE LAS CIENCIAS DE HONG KONG**

En el parque de la ciencia en Hong Kong, se encuentran una gran variedad de fenómenos como son los tornados, las ondas, la meteorología y los satélites.

Figura 39. Parque de las ciencias Hong Kong.



Fuente: www.mim.cl

- **MUSEO DE LA CIENCIA Y DE LA INDUSTRIA**

En el museo se pueden experimentar en una gran variedad de experiencias geológicas tales como: los volcanes, el petróleo, las rocas fósiles, las montañas, los meteoritos, entre otros.

Figura 40. Museo-ciencia de la ciencia y de la industria



Fuente: www.jccm.es/museociencias

3. PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO

“El auténtico problema no es si las máquinas piensan,
sino si lo hacen los hombres”.

Frederic Burrush Skinner

3.1 METODOLOGÍA

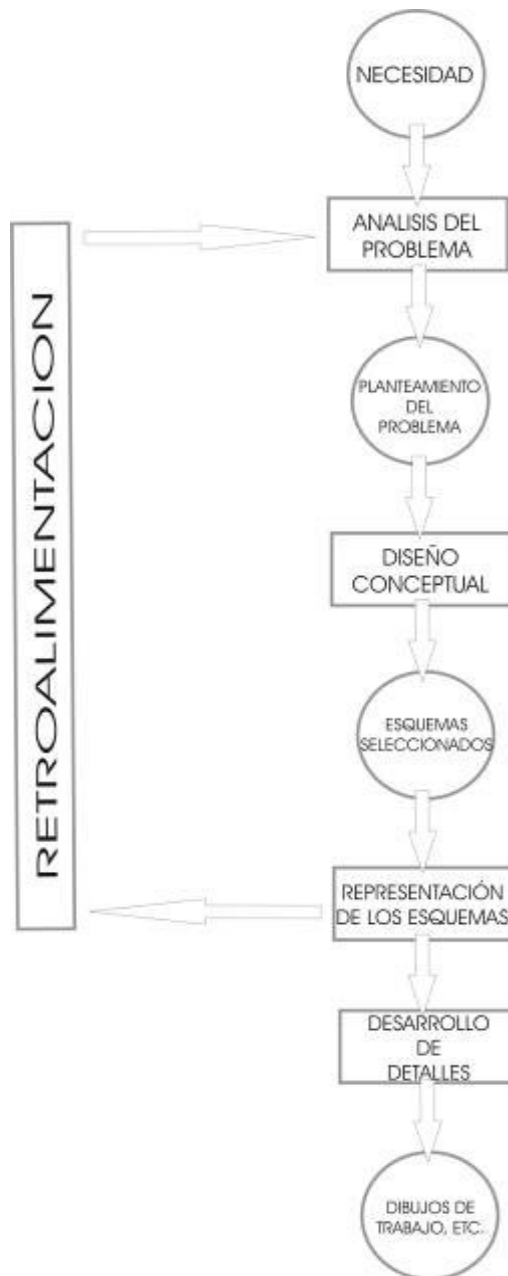
Dentro del proceso de diseño, es importante considerar el establecimiento de una estrategia para el desarrollo coherente de un proyecto, que implique pensar en la forma en la cual se desarrollara la generación de la propuesta de diseño. El equipo de trabajo debe plantear una estrategia bajo la cual integre los objetivos y la secuencia de las actividades más relevantes, que permitan alcanzar las metas que se han definido dentro del tiempo establecido.

El desarrollo de una estrategia de trabajo, que establezca un orden lógico dentro del proceso de diseño, da origen a lo que se conoce en el proceso conceptual de diseño como método, que consiste en una serie de actividades conceptuales organizadas y establecidas, que ayudan a la generación de alternativas y a la definición del **cómo** lograr los objetivos de un proyecto de diseño.

El proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos, requiere de una metodología de trabajo sistemática y cronológicamente organizada que permita el logro de la meta de diseño, en términos de eficacia en el diseño, menores costos y reducción de tiempos, en la entrega final del proyecto, ya que se deben determinar unas actividades de trabajo claras y precisas, que eliminen errores, reproceso y retrasos en tareas ineficaces para el logro de los objetivos.

La experiencia del equipo de trabajo en el desarrollo de proyectos, haciendo uso de diferentes metodologías para el proceso de diseño, le permite establecer para este proyecto una metodología de trabajo, clara eficiente y simplificada para el diseño y desarrollo de una máquina simuladora de volcanes para un museo interactivo.

Figura 41. Modelo French del proceso de diseño



Para el diseño y desarrollo de este proyecto, se estableció como metodología de trabajo el modelo de French del proceso de diseño, dentro del cual se encuentra la etapa del diseño conceptual, la fase en la cual se toma el planteamiento del problema y se generan alternativas en formas de esquemas, es la etapa donde existen mayores oportunidades para soluciones innovadoras. Es la fase en la cual convergen la ingeniería, el conocimiento práctico, los aspectos de producción y comerciales y en la cual se toman las decisiones más importantes¹⁸, es en la cual se genera una serie de alternativas de diseño, que surgen como el resultado de una serie de actividades conceptuales dentro de las cuales se encuentra:

3.2. CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS

En la primera etapa del proceso de diseño se realiza una tarea exploratoria en la cual se pretende plantear y definir la situación actual y establecer de forma clara y precisa la necesidad o problema que se desea atacar. Dentro de esta etapa se realiza la búsqueda del problema a tratar, que nos ayude a clarificar y establecer los objetivos de nuestro trabajo, esto lo haremos por medio de un diagrama o árbol de objetivos.

3.2.1. El árbol de objetivos

Se encuentra dentro del proceso de diseño, en la etapa de clarificación de objetivos, en la cual se pretende establecer los objetivos principales de diseño, al igual que los objetivos secundarios y la interrelación entre estos.

El árbol de objetivos plantea mediante un diagrama los objetivos y la manera como estos se relacionan mediante un patrón jerárquico.

¹⁸ CROSS, Nigel. Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos. México D.F: limusa wiley, 2002

Es una herramienta que ayuda a clarificar los objetivos que se esperan alcanzar con el diseño y a que se llegue a un acuerdo entre el cliente y el equipo de diseño.

Para el diseño y desarrollo de la máquina simuladora de fenómenos volcánicos, se debe tener en cuenta este diagrama como herramienta de trabajo que permita establecer a lo largo del proceso todo los elementos necesarios que apunten al cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente.

Figura 42. Árbol de objetivos



A partir del desglose de objetivos, se aclararon varias funciones que debe cumplir la máquina simuladora de fenómenos volcánicos como ofrecerle al usuario un producto que le permita divertirse al tiempo que aprende, que estimule todos sus sentidos a través de la experiencia interactiva y lo atraiga con sus formas, colores y múltiples funciones.

3.3 ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES

En la esta etapa del proceso de diseño se realiza el establecimiento de funciones, en la cual damos inicio al diseño conceptual. Esta fase toma el planteamiento del problema con el objetivo de generar soluciones amplias en forma de esquemas, formulación de la caja negra, la caja transparente y seguido a este paso la realización del PDS, generado a partir de las alternativas preliminares de diseño.

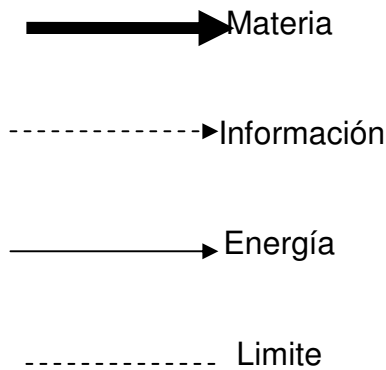
En esta etapa se deben considerar las funciones esenciales y el nivel en que el problema debe abordarse.

Esta fase se inicia con el planteamiento de lo que debe lograr o lo que se busca con este nuevo diseño, independiente de cómo se va a lograr.

3.3.1 Función Principal

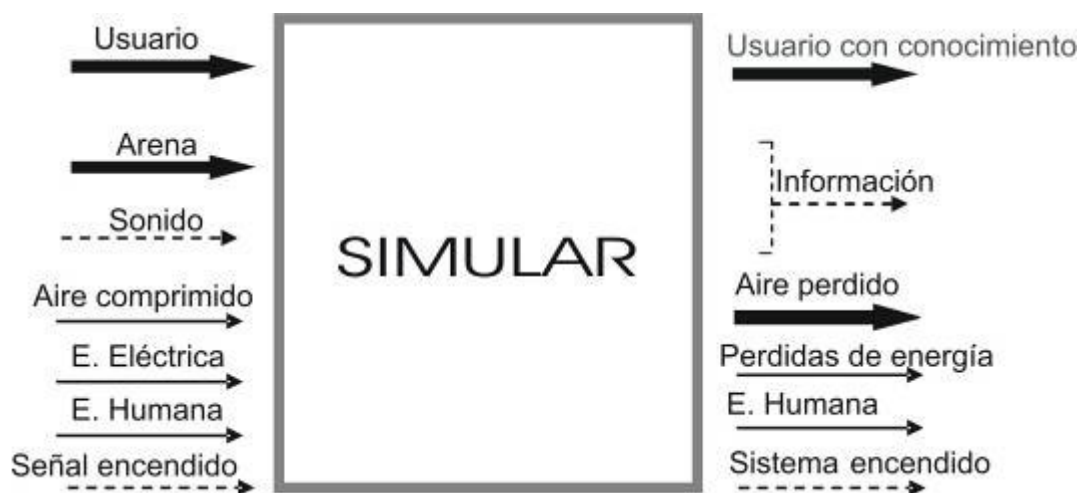
La forma básica de representar esta función, consiste en una caja negra que convierte entradas en salidas. En la caja negra deben quedar consignadas todas las entras y salidas relevantes, estas se pueden clasificar como flujos de materia, energía o información.

Estos flujos se encuentran representados de la siguiente manera:



La función principal de la máquina es simular un fenómeno volcánico, esta función requiere de otra serie de elementos que la acompañan para conformar un conjunto de funciones que lo conviertan en un elemento atractivo, pero independiente de estas, simular es el objetivo principal, ya que requerimos llevar un fenómeno natural a las instalaciones de un museo, para que el visitante evidencie de un manera artificial un acontecimiento real.

Figura 43. Caja negra



3.3.2 Funciones Secundarias

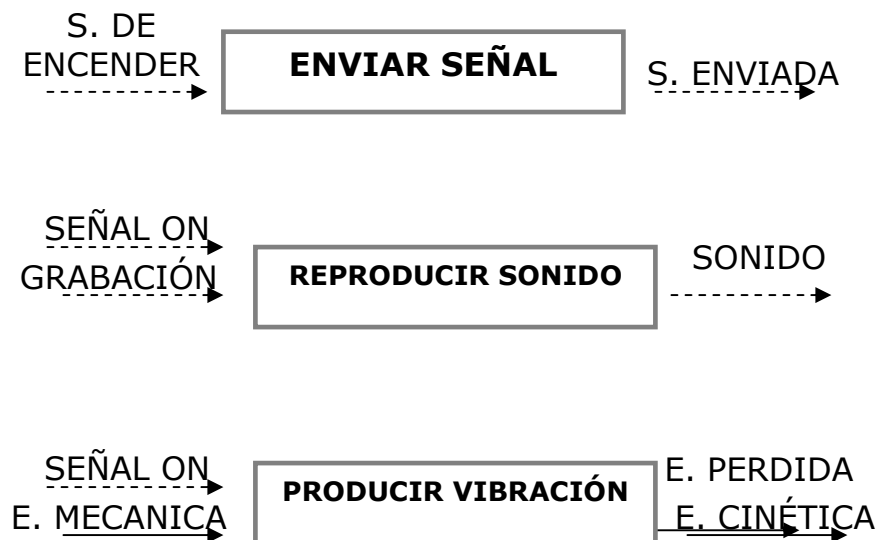
La caja negra es necesario descomponerla en sub – funciones, estas pueden depender de los componentes disponibles para las tareas específicas, las asignaciones de funciones máquinas u operadores humanos.

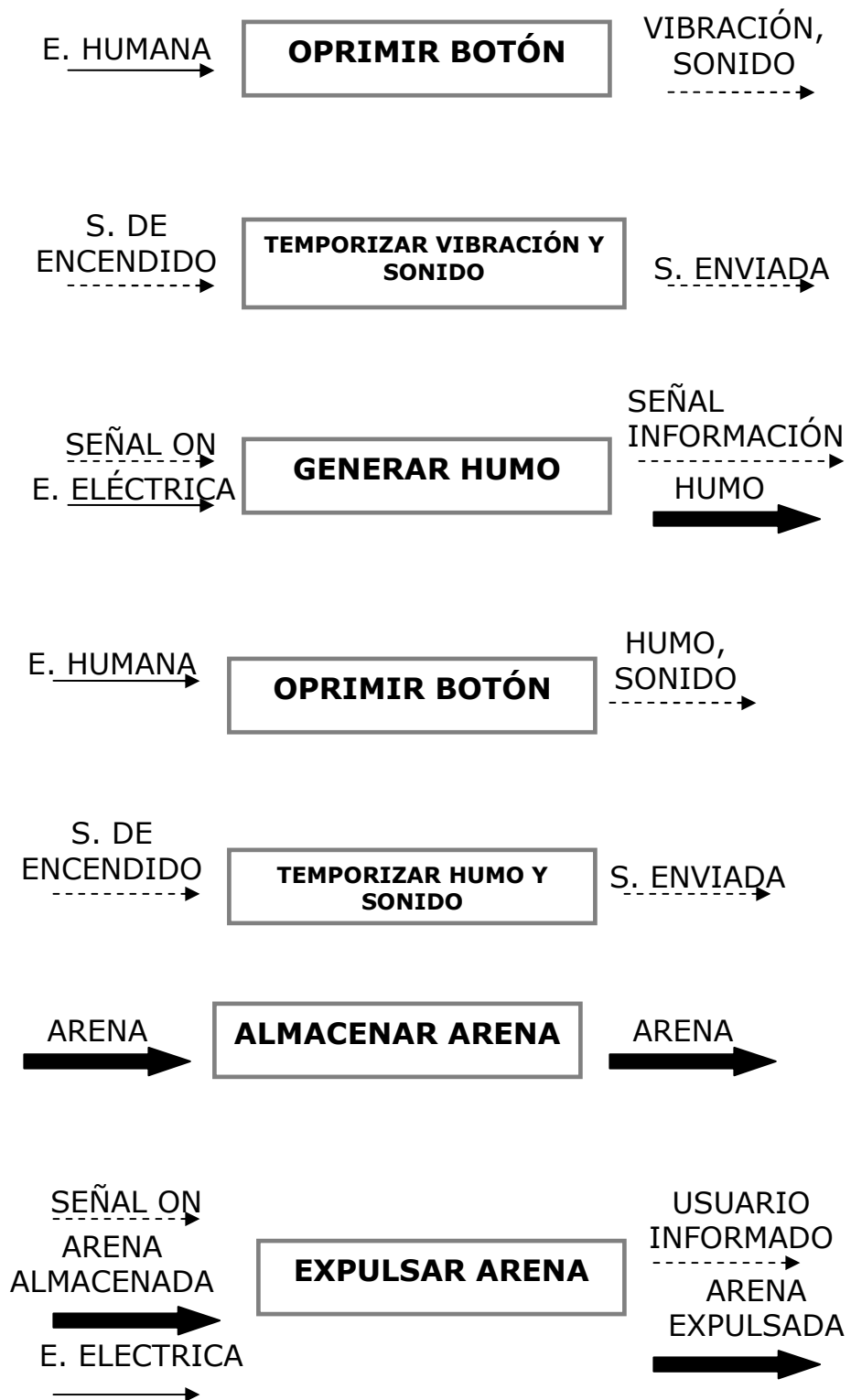
Las funciones secundarias, se unirán en bloque que darán origen a la caja transparente, diagrama en el cual se puede visualizar todo el interior de la caja negra sus componentes y la interrelación entre estos.

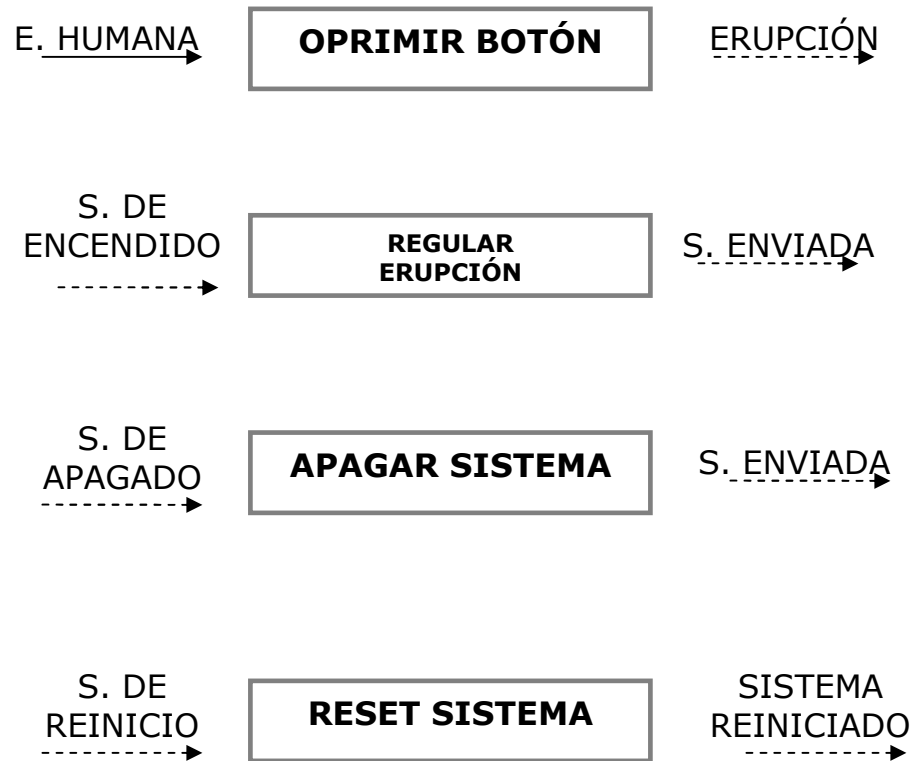
Las funciones secundarias al igual que la función principal, se identificaron a partir del desglose de objetivos, desde ese momento establecimos las directrices funcionales de nuestro proyecto y sin conocer realmente el como, sabíamos claramente que queríamos que realizara nuestra máquina.

El objetivo de la etapa de diseño conceptual, es el desarrollo de las actividades descritas inicialmente

Figura 44. Funciones secundarias



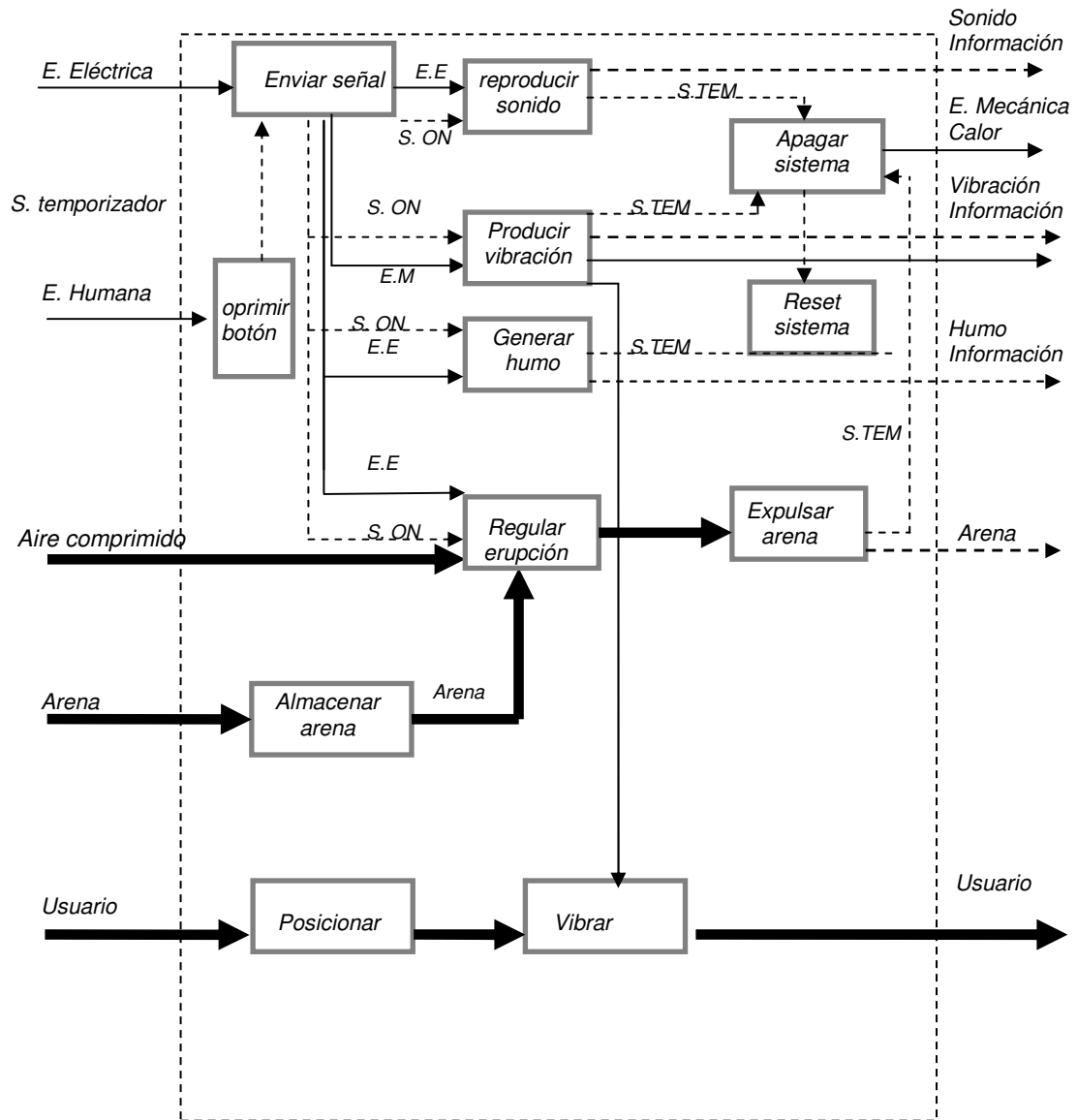




3.3.3. Matriz Funcional de la Máquina

La matriz funcional o caja transparente de la máquina, integra todas las funciones secundarias del producto, las relaciona entre si a través de sus entradas y salidas, de tal manera que satisfagan la función general del producto. El objetivo de esta es visualizar todas las funciones para organizarlas en un sistema factible y funcional.

Figura 45. Caja transparente



3.4 PDS “PRODUCT DESIGN ESPECIFICATION”

El PDS es el listado de requerimientos, que pretende precisar los límites del diseño, siempre que se pueda de una manera cuantificada o medible y en los casos que no aplique una descripción concreta de lo que se requiere.

El PDS convierte los deseos y necesidades del usuario en requerimientos técnicos que deben ser tenidos en cuenta en el diseño, desarrollo, fabricación y puesta en marcha de la máquina simuladora fenómenos volcánicos y son el punto de partida para el desarrollo de alternativas en la etapa de conceptualización.

Tabla 2. PDS “Product Design Specification”

ERGONOMÍA	Los factores relacionados con la interfaz hombre-máquina, que afectan las dimensiones generales del producto y la comunicación con el usuario.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
En la actualidad encontramos que en las máquinas interactivas se cuida el diseño de los elementos que van a estar en contacto con el usuario ya que este es uno de los elementos claves de este tipo de productos, sin embargo encontramos que en ocasiones las máquinas y sus elementos son sobredimensionados para la función que deben desempeñar.	1. Los botones de mando deben encontrarse a una altura máxima de 800 mm.	X	
	2. Los botones para el control del funcionamiento del sistema, deben ser acordes con el percentil del usuario Colombiano P50.	X	
	3. Tamaño de piezas para manipulación de acuerdo A la anchura de la mano del P50 (84mm).	X	
	4. Las piezas de agarre deben ser de sección circular.	X	
	5. Uso de superficies agradables al tacto.	X	
	6. Los sonidos emitidos por la máquina no deben superar los 80 decibeles.	X	
	7. La altura de la pantalla debe de estar máximo a 1150 mm.	X	
	8. Las distancias entre el usuario y pantalla deben permitir que este pueda ver la pantalla completa en momento (ángulo de visibilidad: 10º por debajo de la horizontal)	X	
	9. La superficie donde se ubicará el usuario debe ser antideslizante.	X	

SEGURIDAD	Protección a la integridad física del usuario. Evitar accidentes, en este caso incendios, descargas eléctricas, cortes.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Existen algunas máquinas que no están fabricadas de materiales adecuados para los sistemas eléctricos, funcionales, etc. y en general para el tráfico para el cual va a estar sometido, además de tener formas con aristas vivas que pueden poner en peligro la seguridad del visitante.	1. La máquina debe tener dispositivos que aislen el sistema eléctrico del usuario	X	
	2. Los bordes y esquinas de la máquina no representen peligro para el usuario.	X	
	3. Los materiales en los cuales está construida la máquina no se pueden convertir en un elemento que perjudique la seguridad del usuario.	X	
	4. Los elementos que están en contacto con el usuario deben estar hechos en un material no conductor.	X	
	5. El cableado debe contar con un transformador y un sistema de fusibles que en caso de descargas proteja el sistema.	X	
	6. La máquina debe de ser un producto estable.	X	
	7. La vibración no debe de ser superior a xxx de tal manera que no ponga en peligro al usuario.	X	
	8. El humo debe ser apto para estar en contacto con humanos.	X	
	9. La máquina debe de contar con el espacio suficiente de tal manera que el usuario no se sienta sofocado.	X	

MANTENIMIENTO	Que tipo de mantenimiento se le debe dar a la máquina para su correcto funcionamiento, reemplazo de piezas, limpieza, etc.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
En ocasiones las máquinas dentro de los museos tardan días en ser reparadas debido a su difícil acceso o a que requieren personal calificado para su mantenimiento y/o reparación.	1. La máquina debe de tener puertas de acceso para realizar el mantenimiento a las piezas que lo requieran.	X	
	2. Utilización de herramientas convencionales para su mantenimiento.	X	
	3. Piezas como tornillos, tuercas, pasadores, pines, cables, bombillas, etc., deben ser piezas comerciales.	X	
	4. El mantenimiento debe ser desarrollado por técnicos experimentados.		X
	5. Aristas redondeadas, formas curvas y parabólicas que facilitan la limpieza del producto y pintura electroestática evita la acumulación de polvo.	X	
	6. Los materiales en los que están construidas las piezas deben garantizar una vida útil de por lo menos 3 años para la función que cumplen.	X	

MATERIALES	Hace parte de este el conjunto de materiales que se requieren para la fabricación del producto teniendo en cuenta la función a desempeñar por parte de este, para ello se analizan las propiedades de los materiales para realizar una correcta elección.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Los materiales en los cuales están fabricadas las máquinas son muy comunes lo que limita la innovación en el resultado final del producto.	1. La pantalla que permite visualizar el fenómeno con las arenas debe de ser en vidrio templado.	X	
	2. La plataforma vibratoria debe ser en lámina de alfajor de aluminio cal 14.		X
	3. La estructura que soporta la vitrina de vidrio debe ser un perfil en L de 1" cal 16.		X
	4. Empaques de caucho.	X	
	5. El embudo contenedor de arena debe de estar construido en lámina galvanizada cal 20.		X
	6. La manguera de transporte de aire debe de ser de Lona reforzada de DIA 1/4"	X	
	7. Los racores deben de ser de cobre de 1/4".		X
	8. La compuerta que permiten el paso de la arena al embudo deben estar construidas en acero 1020 3/16".		X
	9. La estructura interna debe ser en tubería de PTS de 1" cal 18.	X	

DIMENSIONES	Medidas de ancho, largo y profundidad, que generan volumen, se indican de acuerdo a su función y/o ubicación, se determinan teniendo en cuenta fácil manipulación.		
PESO			
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
En algunos casos las dimensiones de las máquinas suelen estar sobredimensionadas para la función que desempeñan.	1. Las dimensiones generales de la máquina deben ser de 2500*1500*1000	X	
	2. El peso de la máquina debe ser de: xxx		X
	3. La estructura interna debe ser en tubería de 1" sección circular.		X
	4. Se requiere de 5 kilos de arena.	X	

FORMAS-COLORES	Dentro del proceso de diseño debemos de mantener una uniformidad en cuanto a formas y colores establecida por el museo.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Las formas y colores de las máquinas de los museos se ven directamente influenciados por la experiencia que representan.	1. El concepto de diseño del museo hace referencia a formas básicas, rectangulares con aristas Redondeadas.	X	
	2. Los colores deben ser colores fríos respetando los colores propios de los materiales.		X

MANUFACTURA	Procesos productivos requeridos para obtener un producto. Depende de los materiales y formas del producto.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Los procesos de manufactura son muy asequibles dentro del mercado colombiano lo cual posibilita la fácil reposición de piezas averiadas.	1. Para la pantalla: procesos disponibles en Colombia: -corte -templado	X	
	2. Para la estructura se requieren procesos asociados a metalmecánica posteriores a la compra de la tubería y la lámina: -corte y dobléz -soldadura -acabado -troquelado	X	
	3. Para la plataforma: -corte -troquelado -doblez	X	

ENSAMBLE	Este procedimiento debe ser considerado desde la etapa de diseño, se debe tener en cuenta que hay que minimizar el numero de partes y estas deben ser ensambladas de formas sencilla.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
En las máquinas actuales no se evidencia el uso de acoples rápidos ni un buen diseño para el ensamble, como por ejemplo en la utilización de agujeros avellanados y/o abocardados para esconder cabezas de tornillos.	1. El producto no debe tener más de 10 componentes. -Reduce costos -Aprovechamiento de las características de los materiales, para crear snaps- fits. -Minimizar los tiempos. -Facilita el ensamble. -Reduce errores.	X	
	2. Utilización de piezas estándar.		X
	3. Modular, permite realizar ensambles rápidos y modificaciones		X
	4. Disminuir el uso de componentes adicionales (tornillos) para la unión de dos o más piezas.	X	

DOCUMENTACIÓN	Todos los documentos necesarios para el diseño y fabricación del producto, además de la venta y montaje del mismo.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Los documentos que se usan para este tipo de máquinas son por lo general brief y planos únicamente.	1. BRIEF (anteproyecto): establece la justificación, antecedentes y objetivos del producto a desarrollar, además describe al usuario al cual va dirigido el producto.	X	
	2. METODOLOGÍA DE DISEÑO: modelo de French (ref: métodos y diseños Nigel Cross)	X	
	3. PLANOS DE TALLER Y DE ENSAMBLE: establece el puente de comunicación entre la producción de las partes y el diseñador.	X	
	4. CARTAS DE PROCESO: hace referencia a los procesos de manufactura y maquinaria requerida, además de la materia prima que se necesita.	X	
	5. CARTAS DE ENSAMBLE: con el apoyo de los planos, hace referencia a la relación que existe entre las partes o componentes del producto	X	

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	Parámetros o características generales para el óptimo funcionamiento de la máquina.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
Las máquinas a veces son diseñadas bajo parámetros que no son los óptimos para el medio en el cual van a ser instaladas y por esta razón no pueden ser puestas en funcionamiento.	1. El sistema debe simular el fenómeno durante 3 minutos.		X
	2. La máquina se debe reiniciar automáticamente.	X	
	3. La mesa debe vibrar durante el tiempo que la máquina este simulando el fenómeno.		X
	4. La máquina se enciende en el momento en que el usuario se ubica en la plataforma.	X	
	5. Se debe de tener acceso a compresor.	X	
	6. Conexión a 110v.	X	

COMUNICACIÓN	Todos los elementos necesarios para informar al usuario respecto al funcionamiento de la máquina y el fenómeno que representa.		
COMPETENCIA	REQUERIMIENTO	DD	D
En muchas ocasiones las máquinas interactivas poseen lenguaje muy técnico y no es el indicado para el publico que frecuenta el museo, además el tamaño y el tipo de la fuente en ocasiones no es el adecuado.	1. Debe de tener infográficos.	X	
	2. Debe de tener textos cortos, claros, concisos y debe de manejar un lenguaje de fácil entendimiento.	X	
	3. El estilo de la fuente debe ser Arial y un tamaño mínimo de 24.		X
	4. Los colores de la letra deben de contrastar con el fondo en el que se encuentran.	X	
	5. Debe de tener imágenes de muy buena resolución con texto de apoyo.	X	

3.5 MATRIZ MORFOLÓGICA

En la matriz morfológica se establecen las funciones parciales y algunas de las soluciones bajo las cuales esta puedan trabajar en el diseño, el fin de la matriz morfológica es hallar varios conceptos solución que nos permita establecer un principio de diseño, los componentes de los conceptos solución se eligen teniendo en cuenta parámetros de calidad, factibilidad técnica, requerimientos del cliente, mantenimiento, ergonomía, contexto, funcionamiento y vida útil de producto.

Es una herramienta que permite bajo la combinación de los elementos solución generar diferentes alternativas de diseño.

El principal propósito del análisis morfológico es la búsqueda de soluciones, de los “como” para generar propuestas de diseño, que den cumplimiento a las especificaciones planteadas en el PDS del producto.

Figura 46. Matriz morfológica

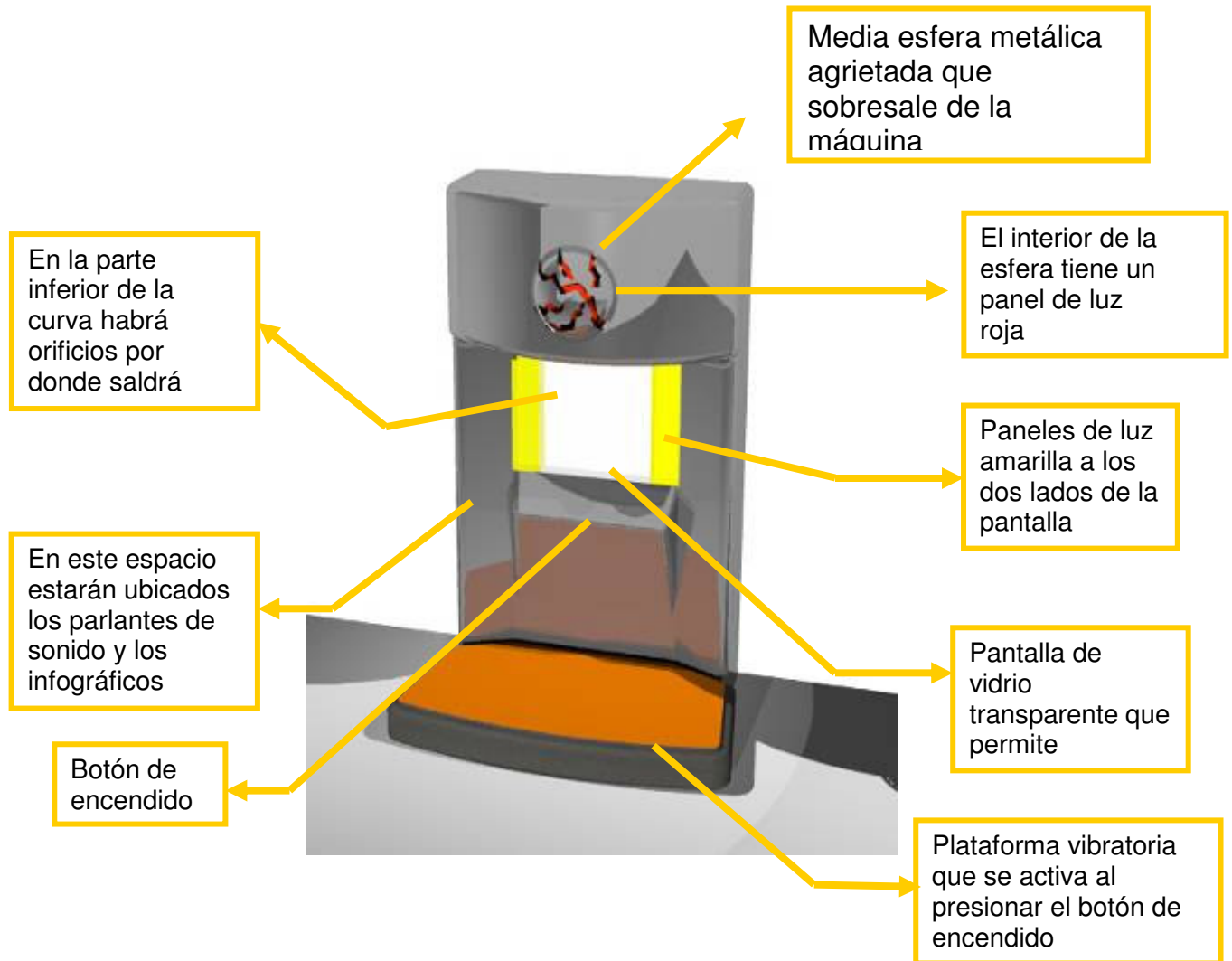
<div style="text-align: center;">Solución</div> <div style="text-align: center;">Función</div>	1	2	3	4
Enviar Señal	Cable	Inalámbrico	Infrarrojo	Bluetoooh
Reproducir Sonido	Banda	Grabación	Programa	MP3
Producir Vibración	Bajo	Motor con excéntrica	Carga Eléctrica	Caída de carga Pesada
Oprimir	Botón	Palanca	Interruptor	Suiche
Temporizar	Microcontrolador	Temporizador	Manualmente	Programa
Crear Humo	Maquina de Humo	Hielo Seco	Fuego	Quimico
Almacenar Arena	Bolsa	Tarro	Cilindro	Tolva
Regular Erupción	Manual	Válvula solenoide		
Apagar Sistema	Automática	Manual		
Reiniciar Sistema	Abrir compuerta con un motor reductor	Abrir compuerta con cilindro neumático	Abrir compuerta manualmente	Abrir compuerta con peso de la arena

3.5.1 Propuesta de diseño 1

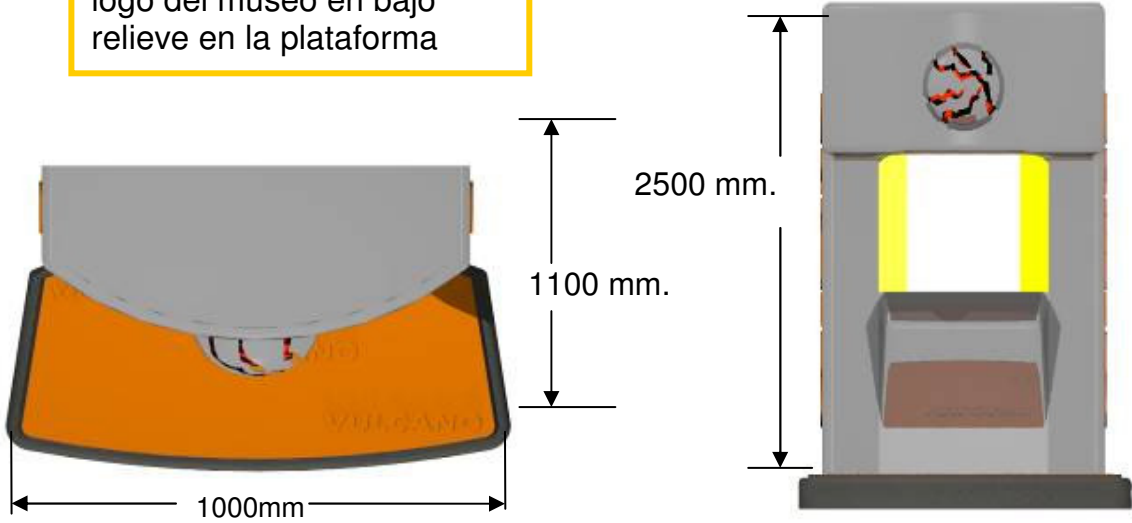
Figura 47. Matriz morfológica combinación 1

Solución Función	1	2	3	4
Enviar Señal	Cable	Inalambrico	Infrarrojo	BluetooH
Reproducir Sonido	Banda	Grabacion	Programa	MP3
Producir Vibracion	Bajo	Motor con excentrica	Carga Electrica	Caida de carga Pesada
Oprimir	Boton	Palanca	Interruptor	Suiche
Temporizar	Microcontrolador	Temporizador	Manualmente	Programa
Crear Humo	Maquina de Humo	Hielo Seco	Fuego	Quimico
Almacenar Arena	Bolsa	Tarro	Cilindro	Tolva
Regular Erupcion	Manual	Valvula Solenoide		
Apagar Sistema	Automatico	Manual		
Reiniciar Sistema	Abrir compuerta con un motor reductor	Abrir compuerta con cilindro neumatico	Abrir compuerta manualmente	Abrir compuerta con pesa de la arena

Figura 48. Propuestas de diseño 1



Posibilidad de poner el nombre de la máquina o el logo del museo en bajo relieve en la plataforma



El nombre de la máquina irá en los dos laterales de esta

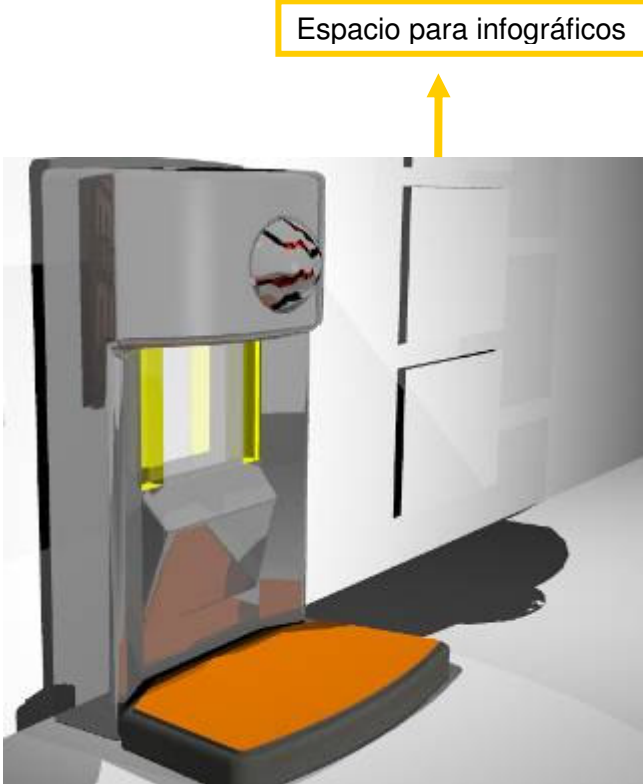


Figura 49. Propuesta de diseño 1.1



- La máquina estará ubicada contra la pared y tiene capacidad para 2 personas.
- La máquina tiene una estructura interna y esta forrada en lámina de acero inoxidable.
- La plataforma en el interior cuenta con un motor DC descentrado el cual ocasiona la vibración.
- El mantenimiento a la máquina se le podrá realizar por la parte posterior.

Figura 50. Propuesta de diseño 1.2

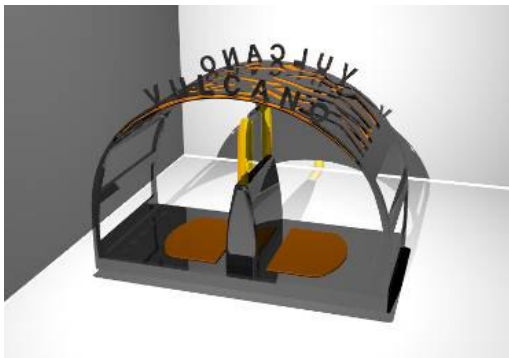
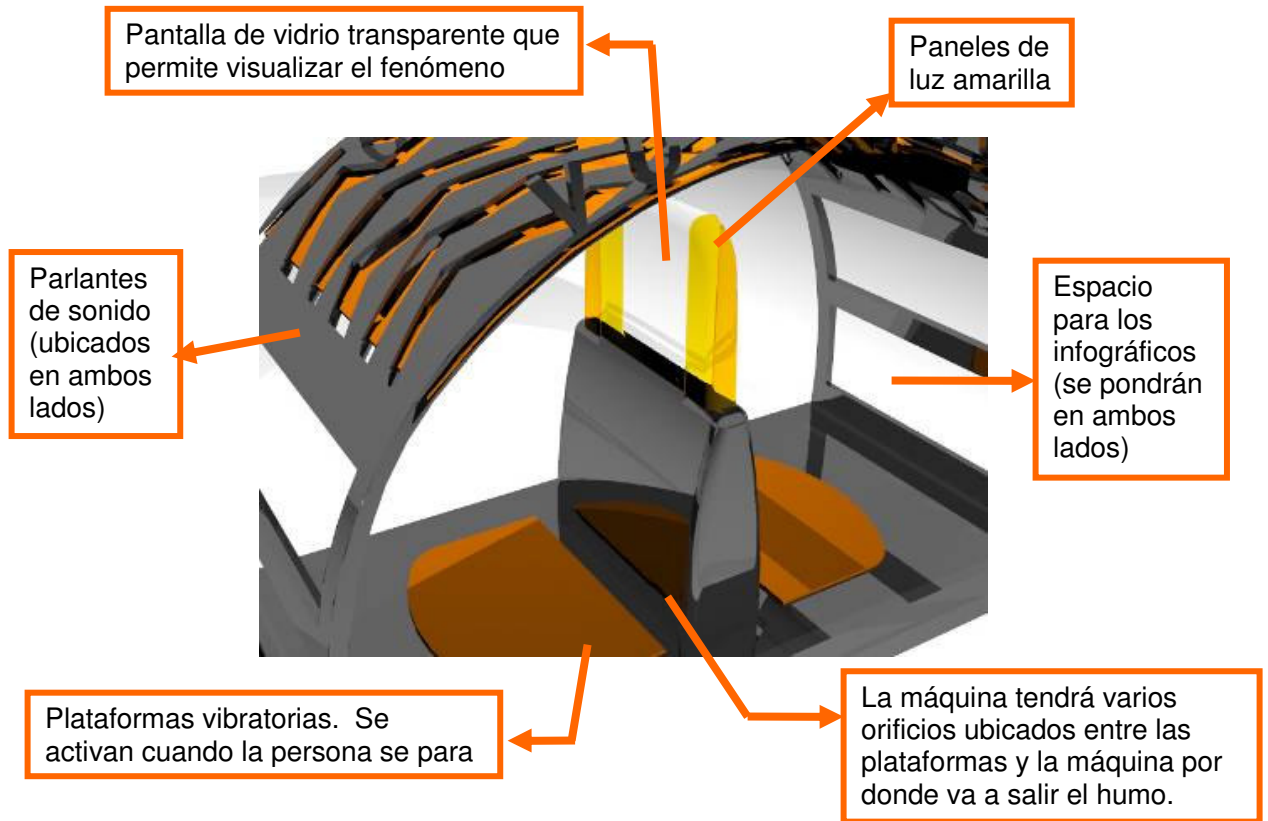


3.5.2 Propuesta de diseño 2

Figura 51. Matriz morfológica combinación 2

Solución Función	1	2	3	4
Enviar Señal	Cable	Inalambrico	Infrarrojo	Bluetooth
Reproducir Sonido	Banda	Grabacion	Programa	MP3
Producir Vibracion	Bajo	Motor con excentrica	Carga Electrica	Caida de carga Pesada
Oprimir	Boton	Palanca	Interruptor	Suiche
Temporizar	Microcontrolador	Temporizador	Manualmente	Programa
Crear Humo	Maquina de Humo	Hielo Seco	Fuego	Quimico
Almacenar Arena	Bolsa	Tarro	Cilindro	Tolva
Regular Erupcion	Manual	Valvula Solenoide		
Apagar Sistema	Automatico	Manual		
Reiniciar Sistema	Abrir compuerta con un motor reductor	Abrir compuerta con cilindro neumatico	Abrir compuerta manualmente	Abrir compuerta con pesa de la arena

Figura 52. Propuesta de diseño 2.1



- Ninguno de los dos lados de acceso con los que cuenta la máquina pueden estar contra la pared.
- La máquina tiene capacidad para 4 personas.
- la máquina contará con un sistema de sensores que la activan en el momento que el usuario se pare en alguna de las plataformas.

- La máquina cuenta con dos plataformas cada una con capacidad para 2 personas.
- El mantenimiento se le podrá realizar por una compuerta ubicada en uno de los lados de la máquina.
- Las luces del techo y los dos paneles de luz amarilla a los lados de la pantalla se mantendrán encendidos.

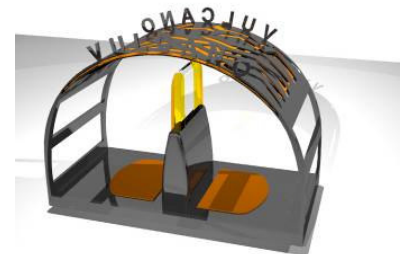
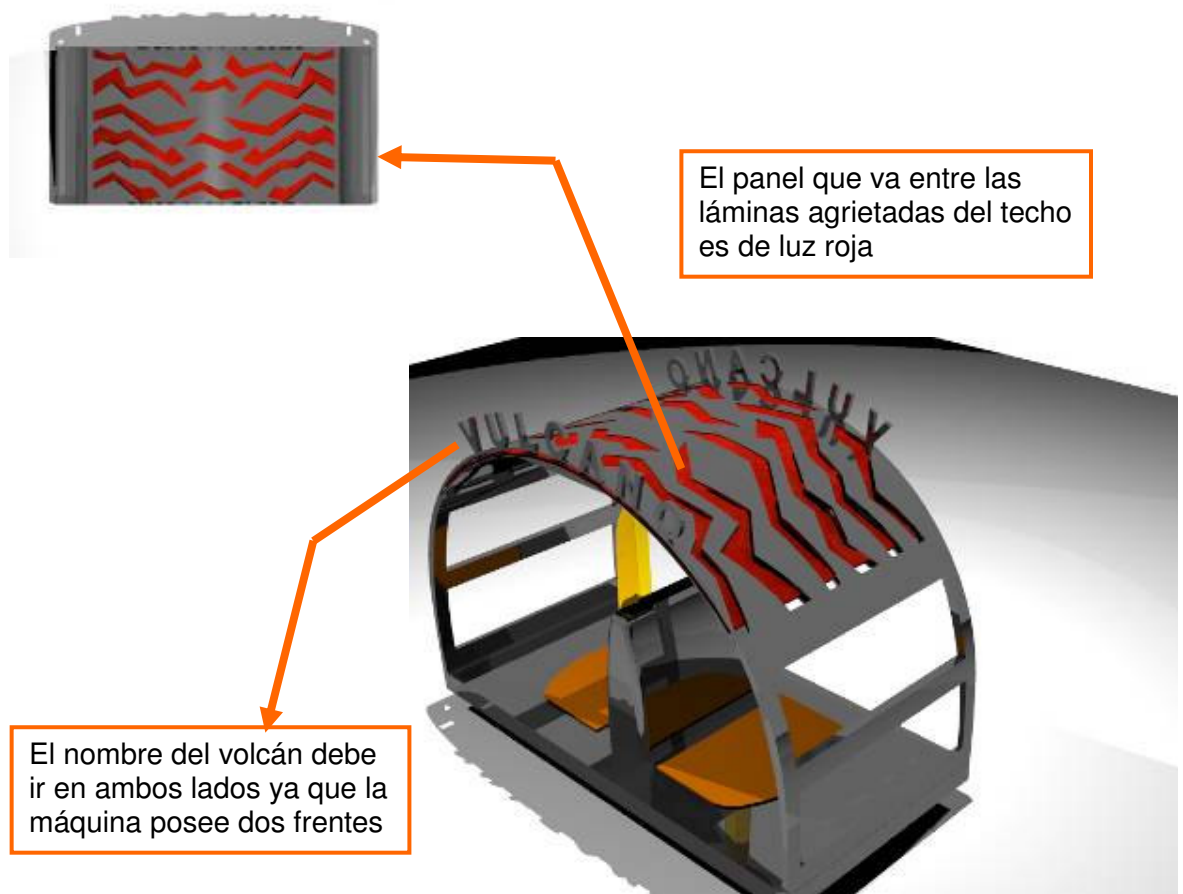


Figura 53. Propuesta de diseño 2.2

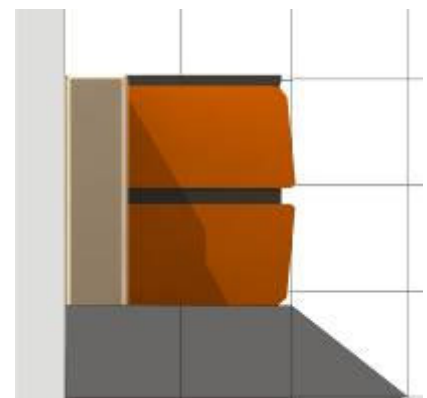
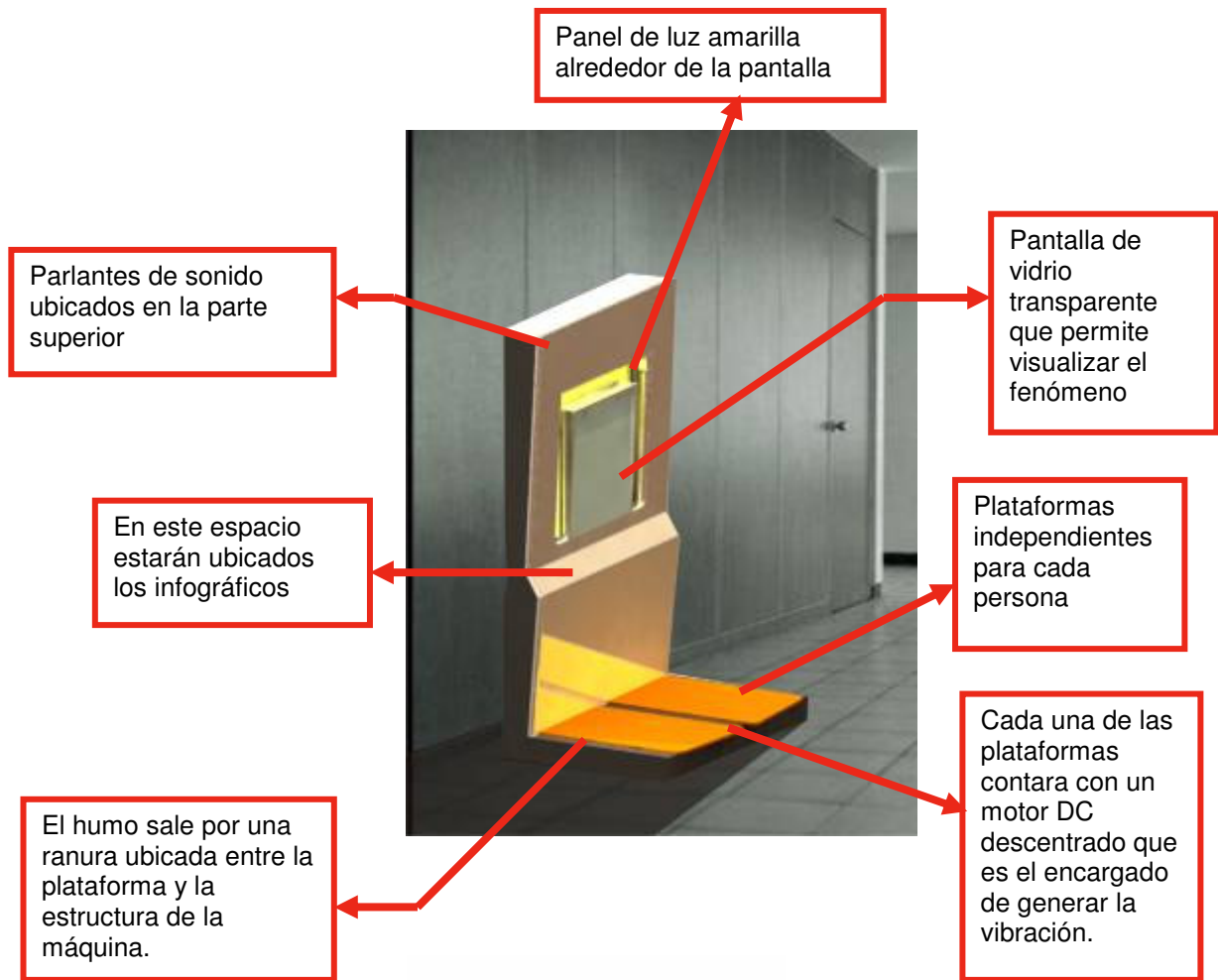


3.5.3 Propuesta de diseño 3

Figura 54. Matriz morfológica combinación 3

Solución Función	1	2	3	4
Enviar Señal	Cable	Inalámbrico	Infrarrojo	Bluetooth
Reproducir Sonido	Banda	Grabación	Programa	MP3
Producir Vibración	Bajo	Motor con excéntrica	Carga Eléctrica	Caída de carga Pesada
Oprimir	Botón	Palanca	Interruptor	Suiche
Temporizar	Microcontrolador	Temporizador	Manualmente	Programa
Crear Humo	Maquina de Humo	Hielo Seco	Fuego	Quimico
Almacenar Arena	Bolsa	Tarro	Cilindro	Tolva
Regular Erupción	Manual	Válvula solenoide		
Apagar Sistema	Automática	Manual		
Reiniciar Sistema	Abrir compuerta con un motor reductor	Abrir compuerta con cilindro neumático	Abrir compuerta manualmente	Abrir compuerta con peso de la arena

Figura 55. Propuesta de diseño 3.1



- El fenómeno se puede apreciar por ambos lados.
- La máquina puede tener capacidad para 2 ó 4 personas.
- En caso de que la máquina se fabrique para dos personas puede estar ubicada contra la pared, por el contrario si es fabricada para 4 debe de estar ubicada en un lugar que permita el acceso al usuario.
- La máquina contará con un sistema de sensores que la activan en el momento que el usuario se pare en alguna de las plataformas.

3.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Basados en los portadores de función descritos en el análisis morfológico, se desarrollaron 3 alternativas de diseño, las cuales fueron evaluadas desde el punto de vista técnico, formal y teniendo en cuenta los requerimientos del PDS.

Figura 56. Evaluación de alternativas

	ITEM CRITERIO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 2
ERGONOMIA	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño Facilidad de uso # de usuarios Facilidad de mantenimiento 	4	3	4
		5	3	3
		3	4	4
		4	3	3
		0.8	0.65	0.70
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia Calidad Disponibilidad 15%	4	3	4
		5	5	5
		4	4	4
		0.65	0.60	0.65
PRODUCCION	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de desarrollo Facilidad de ensamble # de partes # de procesos Disponibilidad de procesos 20 %	4	2	3
		4	3	3
		4	3	3
		3	4	4
		4	4	4
		0.76	0.64	0.68

F O R M A L I Z A C I O N	<ul style="list-style-type: none"> • Forma • Colores • Tamaño • Espacios para infograficos • Ambientación <p>25%</p>	3 4 4 4 3 0.9	5 4 3 5 5 1.1	2 4 3 3 3 0.75
	C O S T O S	<ul style="list-style-type: none"> • Materia prima • Producción • Repuestos <p>20%</p>	5 4 4 0.86	3 3 4 0.66
		3.97	3.65	3.58

La propuesta de diseño seleccionada fue la 1, por medio de la asignación de valores a los criterios mas relevantes para el diseño de la experiencia, estos criterios va directamente asociados al árbol de objetivos y al PDS del producto.

Tabla 3. Cuadro de Costos

4. PROPUESTA DEFINITIVA

“Piensa, cree, sueña y atrévete”
“No duermas para descansar, duerme para soñar.
Porque los sueños están para cumplirse”

Walt Disney

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Siguiendo la metodología de trabajo seleccionada para el desarrollo del proyecto de grado¹⁹, se evaluaron diferentes alternativas de diseño considerando las especificaciones del usuario, concluidas a partir de las sesiones de grupo realizadas con anterioridad²⁰ y las del grupo de trabajo del Parque Explora²¹. “VULCANO” es el resultado de un de un proceso de diseño en el cual fue necesario evaluar diferentes variables para llegar a la conceptualización y desarrollo de la máquina interactiva, las cuales podemos dividir en 4 grandes grupos: 1. principio de funcionamiento (erupción, mecanismo de expulsión y reinicio)²², 2. Efectos especiales (plataforma vibratoria, humo, luces, sonido), 3. materiales (arenas, aceros, polímeros, vidrios), 4. Comunicación e interactividad (relación hombre máquina), al generar la mejor alternativa para cada uno de estos 4 grupos y la optima integración entre estas se esta dando cumplimiento a los objetivos del proyecto.

¹⁹ Modelo French del proceso de diseño, Métodos y diseño de Nigel Cross

²⁰ Anexo Sesiones de grupo

²¹ Anexo Explora proyecto de ciudad

²² Anexo Ensayos y pruebas de principio de funcionamiento

“VULCANO” es una máquina simuladora de fenómenos volcánicos colombianos para el parque Explora que reúne todas las características necesarias para la estimulación del aprendizaje de una manera divertida y didáctica.

La máquina hará parte de una de las 4 salas del parque llamada Colombia Geodiversa la cual esta planteada como una solución para explicar a todo los visitantes los fenómeno naturales que se presentan en nuestro país.

El diseño formal de la máquina se desarrollo a partir de unos requerimientos preestablecidos por el grupo de trabajo del parque Explora²³. Las formas debían ser muy simples y geométricas para mantener una uniformidad en la sala y así lograr que Vulcano se integrara en esta. La forma de la máquina parte de una investigación previa donde se buscaron referentes de apoyo y se hicieron mood boards²⁴ de los cuales se extrajeron formas, colores y texturas representativas de los volcanes colombianos y aspectos llamativos e interesantes para el usuario y luego se hizo una lluvia de ideas de las posibles soluciones de diseño llegando así a una propuesta final que cumpliera con las especificaciones preestablecidas.

Figura 57. Vista frontal “Vulcano”



²³ Anexo Explora proyecto de ciudad, requerimientos

²⁴ Anexo Mood boards

Rojo, naranja, amarillo y gris fueron los colores seleccionados para la formalización de la máquina. Se escogió esta gama de colores calidos ya que son representativos de los volcanes, pues la mayoría de las personas asocian el fenómeno con fuego, calor y lava; aunque los volcanes simulados por este producto no son volcanes de lava²⁵ se quiso hacer uso de la imagen mental que el usuario ya tiene establecida con relación a los fenómenos volcánicos, pero simplemente para atraerlo a la máquina, para que asocie sus colores con respecto al fenómeno que se quiere explicar y ya estando allí mostrarle la diferencia de la imagen que tiene del fenómeno frente al verdadero suceso pero en tierras colombianas.

Rojo: este es el color del fuego por lo que se asocia con el peligro, la guerra, la energía, la fortaleza y la determinación, además es un color adecuado para comunicar, es el mas excitante de los colores el cual puede invitar a acercarse al usuario a la máquina. Este color se utilizo en uno de los elementos físicos mas atractivos de la máquina, cuando el usuario dirige su mirada a esta es lo primero que llama su atención. Es una media esfera ubicada en la parte superior que simboliza el material magmático que se encuentra en el interior de los volcanes explosivos característicos de Colombia.

Amarillo: es el mas luminoso de todos los colores, el primero en ser notado, irradia siempre en todas partes y sobre todas las cosas, es el color de la luz, representa alegría, felicidad, y calor, estimula la actividad mental y genera energía muscular. Reclama atención, característica aprovechada en el diseño de la máquina. El amarillo no fue un color muy utilizado en el proyecto sin embargo se puede hallar en el logotipo, nombre y uno de los botones que acciona la máquina. Este color complementa la gama de colores seleccionados.

²⁵ volcanes colombianos ceniza

Naranja: Combina la energía del rojo con la felicidad del amarillo, se le asocia a la alegría, al sol brillante y al trópico, es el color del fuego flameante, expresa irradiación y comunicación, es el color de la acción, es receptivo y calido. Las pantallas de luz ubicadas en ambos lados de la pantalla donde se simula el fenómeno se le aplico este color, también con el fin de embellecer y realzar la apariencia de la máquina.

Gris: Es el color que iguala todas las cosas es neutro y pasivo, deja a cada color sus características propias sin influir en ellas , es un color que inspira creatividad y simboliza el éxito, sugiere madurez, equilibrio, seriedad, sobriedad y elegancia. En la máquina es un color muy importante por que es frío y hace contraste con los demás colores mencionados, además usa como referente la ceniza y lodo materiales presentes en las erupciones típicas en Colombia. Es el color predominante de la máquina, toda la estructura va forrada en lámina da acero inoxidable de color gris.

Figura 58. Vista isométrico Vulcano



4.2 DESARROLLO DE LA MAQUINA

Esta etapa comienza con la finalización, del proceso de diseño conceptual, en el cual se escogió una alternativa de diseño, que surge como el resultado de la evaluación de una serie de propuestas, que son evaluadas con el objetivo de escoger la que de mejor cumplimiento a los objetivos planteados y a los requerimientos establecidos por el museo y por los usuarios.

Es una máquina interactiva que tiene como principal propósito comunicarle al usuario, como sucede una erupción volcánica en Colombia, por lo cual se escogió el Galeras como concepto para el desarrollo de la propuesta, principalmente la que va ligada al funcionamiento.

La máquina se puede dividir en cuatro grandes grupos, dentro de los cuales se encuentran todas las piezas que la conforman. Estos cuatro grupos son: 1. principio de funcionamiento²⁶, 2. efectos especiales, 3. materiales, 4. comunicación e interactividad.

4.2.1 Principio de funcionamiento

Los volcanes en Colombia, se caracterizan por ser de tipo estratovolcán, con erupción de ceniza y lava. En el diseño del sistema de funcionamiento bajo el cual se dará la explicación del fenómeno en Colombia, se hizo uso de esta característica, para generar una expulsión de aire y arena a presión que simula la erupción volcánica creando una escena en la cual la máquina crea el estrato volcán a partir de las capas que caen una sobre otra al generarse la erupción.

²⁶Anexo Ensayos y pruebas de principio de funcionamiento

La erupción no solo forma las capas externas del estrato volcán sino que permite ver un corte transversal del volcán a través de unas pantallas de vidrio, mostrando las capas que se generan al interior de este, por los diferentes materiales minerales que lo conforman, que en este caso se simula con arenas Corindón y Granilla de diferentes densidades.

Dentro de los elementos funcionales de la máquina, se encuentra una plataforma vibratoria, que simula el temblor en la tierra que se produce debido a la fuerza de expulsión de lava. Este efecto pretende introducir al usuario a lo que será su experiencia interactiva, debido a que es el primer elemento con el cual se encuentra quien se acerca a la máquina.

El simulador de fenómenos volcánicos Vulcano, cumple un ciclo en cual transporta al usuario a través de una experiencia multisensorial, ya que cada uno de los elementos interactivos se conecta con alguno o varios de sus sentidos, depuse de cumplido este ciclo, la máquina tiene un mecanismo que se encarga de volverla a su posición inicial, y de esta manera pueda otro usuario acceder a la experiencia.

4.2.1.1 Mecanismo de la plataforma

Cuando el usuario se ubica frente a Vulcano, encuentra una plataforma sobre la cual debe posicionarse y tres botones de accionamiento, uno de ellos se encuentra intermitente, incitando al usuario para que lo accione, al oprimirlo se acciona el movimiento de la plataforma dando inicio a la primera etapa de la simulación.

El mecanismo que hace vibrar levemente la plataforma funciona por medio de un motor DC (corriente directa) de 1/8 de HP con conexión a 24 voltios el cual tiene ensamblado a su eje una excéntrica. Depende de este componente y de que tan descentrado este del eje, el grado de vibración de la plataforma; también a mayor

voltaje mayores serán las revoluciones por minuto del motor lo cual aumenta las vibraciones.

Figura 59 . Plataforma vibratoria



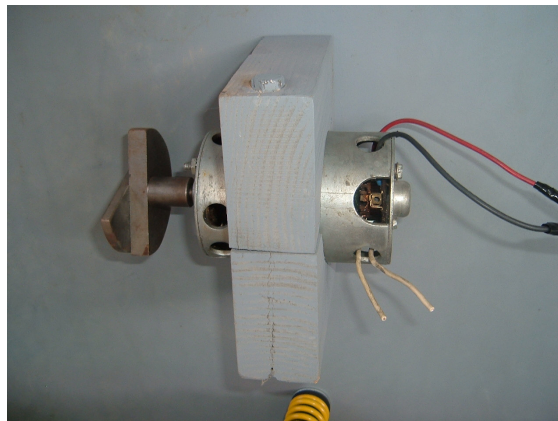
La plataforma debe ser amortiguada por 6 resortes calibre 3/16, diámetro interno de 26 mm, 7 espiras y con una longitud de 55 mm para evitar el contacto del piso con la estructura y el mecanismo, y así prevenir danos y deterioro de la máquina. Estos resortes están distribuidos en los cuatro extremos y 2 en el medio de la plataforma, los resortes están protegidos a cada lado por empaques de caucho para reducir el impacto producido por la vibración. Todo el trabajo de la plataforma depende de la fuente variable que es la que permite el paso y conversión de la energía al motor, la fuente se encuentra conectada a 110 voltios y el motor funciona a 24 voltios.

Figura 60. Amortiguadores mecanismo plataforma



El motor esta ubicado en el centro de la plataforma así se distribuye uniformemente las vibraciones por todo el piso donde se encuentran parados 1, máximo 2 usuarios. Los componentes de esta plataforma fueron sometidos a ensayos de prueba error, para garantizar su efectividad²⁷.

Figura 61 . Motor



²⁷ Anexo ensayos y pruebas, mecanismos.

Componentes del mecanismo de la plataforma

- 1 motor DC de 1/8 HP
- 1 excéntrica
- 6 resortes cal 3/16, DIA interno de 26 mm, 7 espiras y una longitud de 55mm
- 12 empaques de caucho
- Cable duplex 2 metros
- 1 tarjeta universal de 9.5 cm x 7.5 cm
- 1 Fuente variable
 - 1 puente rectificador de 4 Amperios
 - 1 condensador 4500 microfaradios / 25 voltios
 - 1 regulador de voltaje 7805
 - 1 regulador de voltaje 7824 o 7812
 - 1 transformador

4.2.1.2 Mecanismo de simulación de la erupción

La erupción es la última etapa de la simulación la cual consiste en la expulsión de arena a presión por intervalos de 2 seg. Esta arena esta almacenada en un contenedor una tolva localizada debajo de la pantalla central. La arena es expulsada por la fuerza de aire comprimido suministrado por un compresor y cuya salida es controlada por una válvula solenoide.

Figura 62. Mecanismo simulación de la erupción



Componentes del mecanismo de simulación de la erupción

- Compresor
- Válvula solenoide 220 voltios $\frac{3}{4}$ "
- Manguera de de lona de $\frac{1}{4}$ "
- 2 pares de acoples rápidos
- 5 racores de $\frac{1}{4}$ "
- 2 reducción de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{4}$ "
- Arenas
 - 2.5 kg de granilla negra
 - 2.5 kg de corindón

4.2.1.3 Mecanismo de compuertas

Las compuertas son las últimas en ser activadas ya que cumplen la función de reinicio en la máquina. Estas se encuentran ubicadas en la parte inferior de la pantalla central y es la encargada de sostener y resistir el peso de la arena, la compuerta está construida en una lámina de acero 1020 de 1/2" soldada a un eje de 1/2", que se encuentra sostenido en una canoa de 1/2" de diámetro interior soldada a la tolva, el eje tiene en sus extremos un rodamiento que le permite girar, para abrir o cerrar la compuerta.

La compuerta se activa cuando la simulación de la erupción termine, ella baja gradualmente controlada por un cilindro neumático de 1" por 2" de recorrido que va unido al eje de la compuerta. Cuando la compuerta ha bajado del todo se detiene durante 2 seg. mientras la arena termina de caer al contenedor donde se encontraba inicialmente, luego el cilindro la hace subir de nuevo la compuerta así la máquina queda lista para comenzar un nuevo ciclo de simulación.

Componentes del mecanismo de compuertas

- 1 cilindro neumático de 1" * 2" de recorrido con soporte y orquilla, 1 unidad de mantenimiento y una válvula solenoide.
- 1 compuerta en lámina de acero 1020 cal 16
- 1 eje de 1/2"
- 2 rodamientos para eje de 1/2"

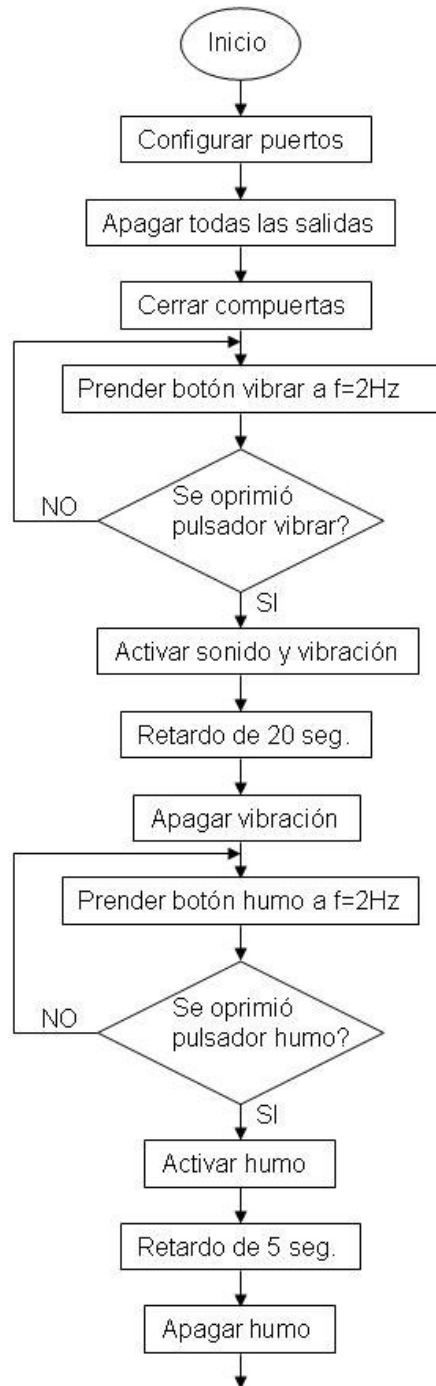
4.2.1.4 Funcionamiento del sistema eléctrico

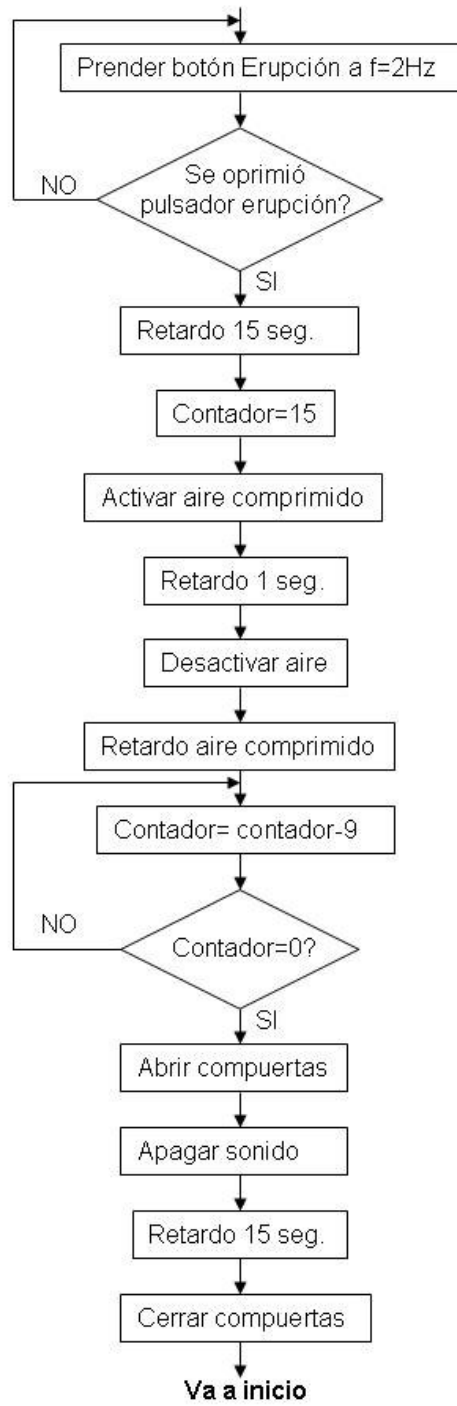
Todo el funcionamiento de la máquina esta programado desde PIC-C el cual trabaja en lenguaje C²⁸, y quemado en un microcontrolador, que conectado a un circuito eléctrico, hace que todo el ciclo se cumpla de una forma sistemática, según la ordenes que se dieron desde la programación y que se debe cumplir de igual manera cada que se active la experiencia.

Desde el circuito eléctrico se controlan la activación de las funciones a partir del encendido de los botones y de forma subsecuente y paralela en algunos casos, producir 1. Vibración – sonido, 2.sonido – humo, 3.erupción, 4 reset.

²⁸Anexo Sistema eléctrico

Figura 63. Diagrama de Flujo Programa Microcontrolador





Listado de Elementos del Circuito Eléctrico

- 1 Microcontrolador PIC16F873: “es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un microcomputador, es decir, unidad de procesos (CPU), memoria RAM, memoria ROM y circuitos de entrada/salida.
- Es un dispositivo programable que puede ejecutar un sin numero de tareas y procesos²⁹.
- 1 base para circuito integrado de 28 pines
- 1 cristal de 4 MHz (megahertz)
- 2 condensadores de 20 pf (picofaradios)
- 1 resistencia de 10 K Ω (kilo ohmios) o 1/4 W (vatios) :
- 1 condensador de 1 μ f o 50 V 9 (microfaradios)
- 6 diodos 1N4148
- 15 leds de alta luminosidad
- 9 transistores 2N2222
- 1 transistor TIP122
- 4 reles con bobina a 5 V y un contacto
- 1 rele con bobina a 5 V y dos contactos
- 3 resistencias a 150 Ω (ohmios) o 1 W (vatios)
- 2 microsuiches
- 3 pulsadores
- 2 motores DC (corriente directa) con reductor
- 1 motor vibrador con excéntrica de 1/8 de HP (horse power)

²⁹ Anexo Sistema eléctrico

- 1 tarjeta
- 15 borneras para circuito de 2 pines
- 1 fuente variable
 - 1 puente rectificador de 4 A (amperios)
 - 1 condensador 4700 μ f o 25 V
 - 1 regulador de voltaje 7805
 - 1 regulador de voltaje 7824 o 7812
 - 1 transformador

Programa para el Microcontrolador

Para la programación del microcontrolador mencionado se utilizó el programa conocido con el nombre de PIC-C el cual trabaja en lenguaje C, uno de los lenguajes mas utilizados en programación. Este lenguaje es de alto nivel y permite manipular bits. A continuación se muestra el programa realizada especialmente para cumplir cada una de las etapas de la simulación del fenómeno³⁰.

4.2.2 Efectos Especiales

4.2.2.1 Luces

Se ubico un par de lámparas tubulares de luz blanca, a cada lado de la pantalla central, ubicadas dentro de unas cavidades de vidrio naranja, que focalizan la atención del usuario hacia el centro, visualmente aumentan el tamaño de la zona

³⁰ Anexo Sistema eléctrico

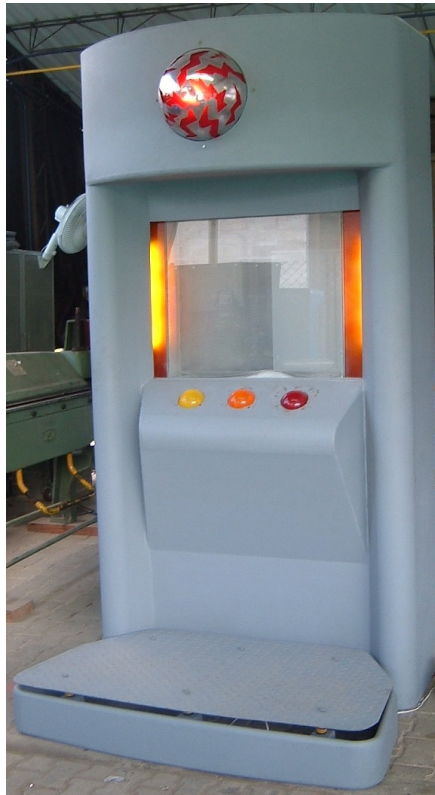
donde se proyecta el fenómeno y atracción principal de la máquina, le brindan un contorno de luz y color a la experiencia.

- 2 lámparas tubulares de luz blanca, de 50cm de largo por 1", a 110v y 40w

En la parte superior de la máquina se encuentra la bola de lava, que simboliza el material magmático que se encuentra al interior del volcán, esta es iluminada para acentuar el simbolismo que representa.

- Bombillo halógeno de 110v y 50w

Figura 63. Luces de la máquina



4.2.2.2 Máquina de humo

En el ciclo de la experiencia interactiva y con el objetivo de traer la realidad a la ficción, se hace uso de algunos elementos que evocan un fenómeno volcánico real.

Es por esto que al terminar el ciclo del botón 1 que hace vibrar la plataforma, el botón 2 enciende una luz intermitente que la oprimirlo, se da una expulsión de humo proveniente de la parte superior de la máquina, que sale a través de unos orificios que se encuentran encima del usuario, este humo simula las fumarolas que salen por los cráteres de los volcanes antes, durante y después de una erupción.

Especificaciones de la máquina de humo

Los requisitos que debe tener la máquina de humo son los siguientes:

- Volumen Salida Humo Aprox. 90 m³/min.
- Distancia Salida de Humo Aprox. 4,5 m.
- Consumo de Líquido 25 ml / minuto
- Consumo 700 W.
- Capacidad del Deposito 0,8 L.
- Peso 3,7 Kg.
- Dimensiones 330 x 160 x 240 mm.

Figura 64. Máquina de humo F-80-Z



Fuente: http://www.ctv.es/USERS/ross2/antari_maquinas_humo_archivos/F-80-Z.htm

4.2.2.3 Sonido

Los efectos de sonido de la máquina simuladora de fenómenos volcánicos están presentes durante las primeras dos etapas de la simulación, lo que quiere decir que hay sonido mientras la plataforma vibra y mientras la máquina de humo esta activada, el objeto de este efecto es transportar al usuario a un contexto llenos de matices reales. Se pretende recrear la escena con una especie de sonido donde se sienta el estruendo de la tierra, antes y durante la erupción, por eso en la tercera y ultima etapa de la experiencia (expulsión de arena), no hay sonido y la atención del usuario se concentra en la visualización del fenómeno.

El sonido será grabado en el programa del microcontrolador, donde se encuentra todo el circuito programado de la máquina.

La intensidad de los sonidos se mide en decibeles (dB). El oído humano puede detectar sonidos de mínimo 0 dB y hasta menos de 85dB ya que expertos afirman que la exposición prolongada a este nivel puede ser peligrosa.

Tabla 4. Tolerancia dB para el oído humano³¹

(dB) Nivel aproximado	Ejemplo
0	Sonido más tenue que percibe el oído humano
30	Chistido, Biblioteca silenciosa
60	Conversación normal, máquina de coser, máquina de escribir hasta este nivel la calidad de comunicación es satisfactoria
90	Cortadora de pasto, herramientas pesadas, tráfico pesado; 8 horas al día es la máxima exposición tolerable (para el 90% de la gente)
100	Motosierra, Martillo neumático; 2 horas por día es la máxima exposición tolerable sin protección
115	Sandblasting, Concierto de rock pesado, bocina de auto; 15 minutos por día es la máxima exposición tolerable sin protección
140	Explosión, Motor de jet; El ruido causa dolor y aún una breve exposición lesiona a oídos no protegidos. Máximo ruido permitido con protectores acústicos.

³¹ <http://www.icop.com.ar/iorsf/proteccion.html>

Especificaciones de los parlantes

El sonido será reproducido por un par de parlantes ubicados en los laterales de la máquina, estos parlantes son de 110v y 500 watts.

4.2.3 Materiales

Algunos de los requerimientos iniciales de diseño apuntaban al desarrollo de una máquina durable en el tiempo, resistente al uso, a la cual se le pudiera realizar un mantenimiento y en el momento en que se presente la necesidad realizar la reposición fácil y rápida de alguna pieza.

Debido a estos requerimientos y a la evaluación de alternativas y costos que se presenta en Antioquia se hace una selección de los materiales y componentes que se deben usar en el proyecto, además de la mejor alternativa para cada uno de estos según la función que deben desempeñar.

4.2.3.1 Estructura

La máquina simuladora de fenómenos volcánicos es un cuerpo alargado tipo tótem que concluye en su parte superior con una curva pronunciada que suaviza la apariencia del producto, este es realizado en lámina de acero inoxidable cal 20.

La máquina requiere de una estructura interna la cual le da rigidez al producto y sobre la que se dobla la lámina y se distribuyen los componentes, estéticos y funcionales

La estructura de la máquina está construido con tubería PTS redonda de 1" Cal 18 "este material es resistente, fácil de trabajar bajo los procesos de manufactura

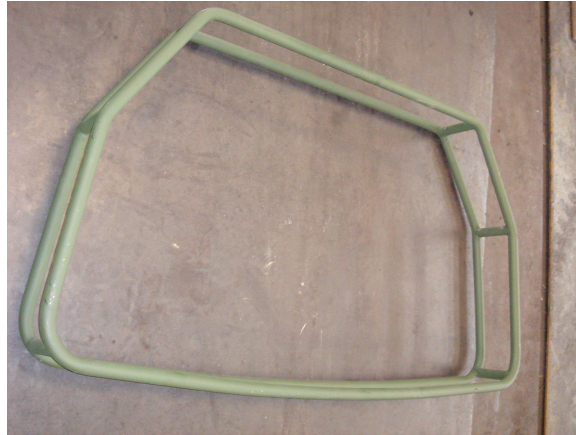
requeridos, corte, doblado, fresado, soldadura, además posee una buena relación carga – peso/costo.

Para la fabricación de la estructura se requirió de 42 m de tubería PTS de 1", en total fueron necesarios 22 dobleces para darle la forma preliminar a la estructura.

Figura 65 . Estructura máquina



Figura 66. Estructura plataforma



4.2.3.2 Pantallas

El material seleccionado para la construcción de las 3 pantallas que tiene la máquina (2 pantallas de luz y 1 pantalla central para la simulación del fenómeno) es vidrio templado de 7 mm de espesor. Las propiedades de un vidrio templado se basan fundamentalmente en su mayor capacidad para resistir esfuerzos de tracción, esfuerzos que un vidrio común jamás podría resistir. Un vidrio templado tiene una resistencia de cinco veces mayor a la de un vidrio normal y sin embargo mantiene la propiedad de elasticidad. El proceso de templado consiste en someter al vidrio a un proceso de calentamiento (aprox. 650 °C) y luego a un enfriamiento violento con aire dirigido a temperatura ambiente (aprox. 24°C).

Es necesario utilizar este tipo de material por su resistencia a la abrasividad ya que la simulación del fenómeno se hará con granilla negra³² y corindón³³ (pie de Pág. propiedades de las arenas), arenas altamente abrasivas que siendo otro material lo deteriorarían con gran facilidad.

³² vidrio molido

³³ mineral , anexo propiedades arenas

Figura 67. Pantallas



4.2.3.3 Plataforma

Dentro del proyecto se hizo uso de algunos de los efectos que se producen antes durante y después de una erupción volcánica y con los cuales las personas lo identifican, dentro de los cuales se encontró el temblor que estremece la tierra, anunciando un acontecimiento. Se utilizo este tipo de herramientas, aprovechando la interactividad que se requiere entre el hombre y la máquina, por lo cual se quiso crear una serie de efectos especiales, el temblor siendo uno de estos es producido por una plataforma construida en acero y lámina alfajor cal 14, que tiene en su interior un mecanismo compuesto por 6 amortiguadores cal 3/16, de DIA interno de 26 mm, 7 espiras y 55 mm de longitud, un motor de DC (corriente directa) de 1/8 de HP con conexión a 24 voltios con una excéntrica, que se encarga de producir el movimiento, mientras que los amortiguadores lo replican y equilibran. La plataforma tiene 1200 * 900 mm esta construida para soportar el peso de 2 personas.

La plataforma esta pintada en la parte inferior negra y amarilla con un diseño de rayas en diagonales, generando una apariencia de transito, que llame la atención del usuario y lo invite a interactuar con ella, y en su parte superior la lámina alfajor da protección y seguridad al usuario, por su textura antideslizante.

4.2.3.4 Bola de lava

Este es uno de los referentes de diseño encontrado en la construcción de los mood boards³⁴ y escogido para el diseño de la propuesta definitiva, simboliza el material magmático que se encuentra al interior de los volcanes explosivos en Colombia.

La bola de la lava esta construida de media esfera de aluminio repujado y cortada en grietas, que simboliza la apertura de la tierra para permitir el paso del lodo, la ceniza y los minerales que emergen de una erupción. Detrás de la esfera de aluminio se encuentra una que copia su misma forma, pero esta es construida en acrílico termoformado de color rojo que intensifica las grietas de la esfera en aluminio y a través de la cual se permite el paso de una luz halógena, que se encuentra ubicado en la parte posterior. Este es uno de los elementos estéticos, con los cuales esperamos despertar la curiosidad del usuario – visitante del museo, para acercarlo a la máquina.

³⁴Anexo Mood boards

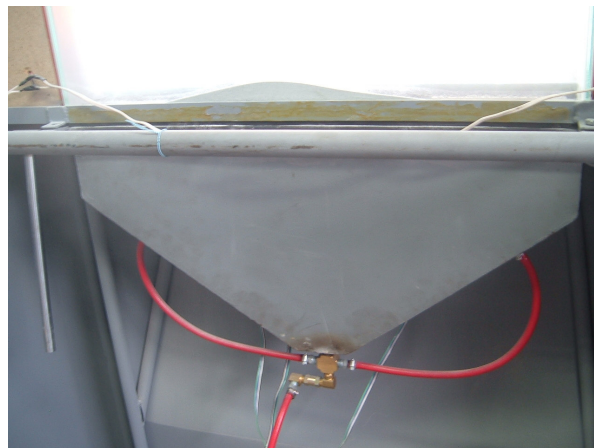
Figura 68. Bola de lava



4.2.3.5 Contenedor de Arena

Es una tolva fabricada en lámina galvanizada cal 20, con capacidad para 5 kilos de arena. Tiene en su parte inferior un acople rápido, un racor al cual se conectara la válvula solenoide de 220 voltios la cual va conectada a la manguera del compresor.

Figura 69. Tolva contenedor de arena



4.2.4 Comunicación e Interactividad

Vulcano cuenta con una serie de elementos físicos, estéticos, que comunican al usuario su funcionamiento, sin la necesidad de usar texto para comprender lo que ocurre y el fenómeno que se desea explicar.

Figura 70. Interacción usuario máquina



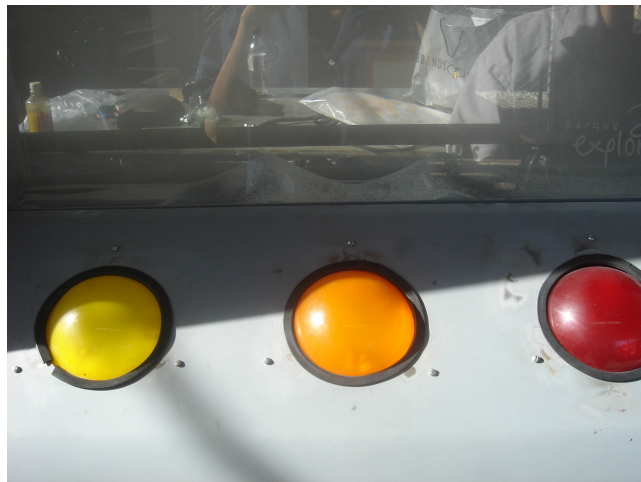
4.2.4.1 Botones

Los botones de la Vulcano son el elemento de comunicación hombre máquina y le marca el camino de la experiencia interactiva en nuestra máquina al usuario. Estos están fabricados en acrílico translúcido rojo, naranja, verde, en su interior tiene 3 leds de alta luminosidad, que se encienden bajo la programación del circuito de la máquina, los botones se empiezan a encender desde que el usuario se posiciona

en la máquina, en ese momento se enciende el botón 1 indicándole al usuario que debe oprimirlo, apenas este es accionado comienza la experiencia con el sonido y la vibración, luego este se paga y se enciende el botón 2, al accionarlo se enciende la máquina de humo, mientras el sonido continua, finalmente se enciende el botón 3 y comienza la expulsión de arena al interior de la pantalla central.

Los botones son el contacto del usuario con la máquina y que permiten en este caso que este interactúe con ella ya que esta funciona pero si es activada por medio del botón.

Figura 71. Botones



4.2.4.2 Bola de lava

Es el elemento simbólico, es el que expone en el exterior, en la apariencia estética de la máquina, un pequeño abre bocas de la experiencia.

Esta pieza corta con la sobriedad y rigidez del cuerpo de la máquina, no representa de una forma muy literal el volcán, sin embargo comunica fuego, calor, apertura, elementos que el usuario común asocia al fenómeno.

Figura 72. Bola de lava encendida



4.2.4.3 Plataforma

La plataforma tiene la medida de un peldaño, lo que la hace de fácil acceso, se encuentra pintada en rayas diagonales amarillas y negras, que comunican zona de tránsito e invitan a acceder a ella.

4.3 CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS

La ergonomía busca una armonización entre el hombre y el ambiente físico que lo rodea. La tecnología de las comunicaciones en los distintos puestos de trabajo, se establece como una ciencia interdisciplinaria; define el trabajo como la comunicación entre el hombre y la máquina, o el hombre y el puesto de trabajo.

Su objetivo es la adaptación y la mejora de las condiciones de trabajo al hombre en su aspecto físico y psíquico.

La ergonomía no estudia al hombre aislado, ni al puesto de trabajo aislado, pero si en su interacción. Pie de Pág. libro ergonomía Valladolid dic 1979.

Las consideraciones ergonómicas son importantes tanto para establecer las medidas principales de la máquina (alto y ancho), el panel de control, la plataforma, tamaño de los botones y de las pantallas como para garantizar la comodidad, seguridad y buen manejo de la máquina.

En las figuras ilustradas a continuación se pueden apreciar todas las consideraciones hombre-máquina (ángulo de visión, altura del tablero de mando, tamaño de los botones, altura de la plataforma y altura del techo que se tuvieron en cuenta a la hora de diseñar el producto) y la ubicación del usuario en la máquina. Todas las consideraciones ergonómicas para este trabajo se basaron en las tablas antropométricas del hombre latino promedio.

La altura optima de un peldaño es de 17 cm lo que se logra en la plataforma de la máquina.

La pantalla donde se visualiza el fenómeno tiene 700mm de ancho, y el usuario se encuentra ubicado en promedio a 500mm de esta, lo que le permite abarcar dentro del ángulo de visión recomendado la totalidad de la erupción que se genera al interior de la pantalla, que se concentra en el punto medio de esta.

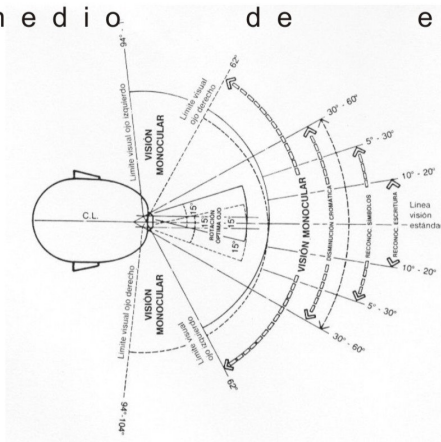


Figura 73. Campo visual en el plano horizontal. Tomada de Panero



Figura 74. Hombre vs Maquina 1

El fenómeno se eleva a 1150mm del piso lo que obliga al usuario, hacer uso de la línea normal visual de pie, ubicada 10° por debajo de la horizontal, y en ocasiones del ángulo de rotación óptimo del ojo, ubicado 30° por debajo de la horizontal.

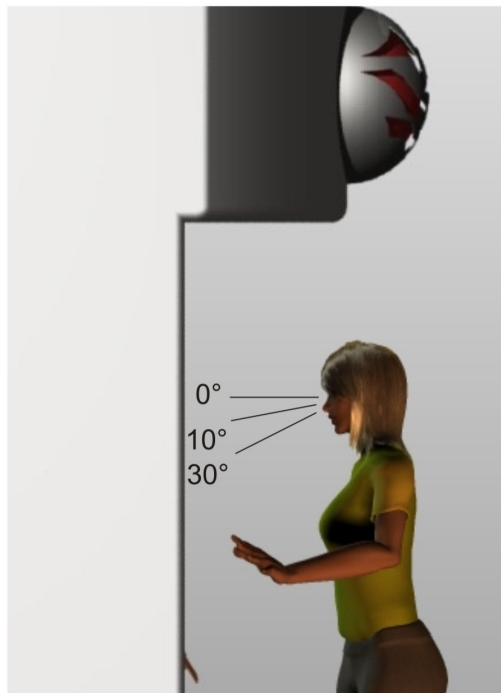


Figura 75. Hombre vs Maquina 2

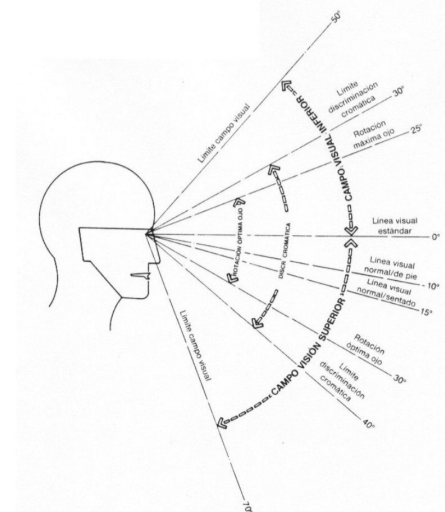


Figura 76. Campo visual en el plano vertical. Tomada de Panero

Ubicándose en la tablas antropométrica de estatura, y escogiendo un promedio del percentil 5 - 70 se definió la altura de la maquina y la separación de la plataforma a esta, para que personas entre 1.40mtr y 1.77mtr puedan acceder a ella sin causarse ningun daño

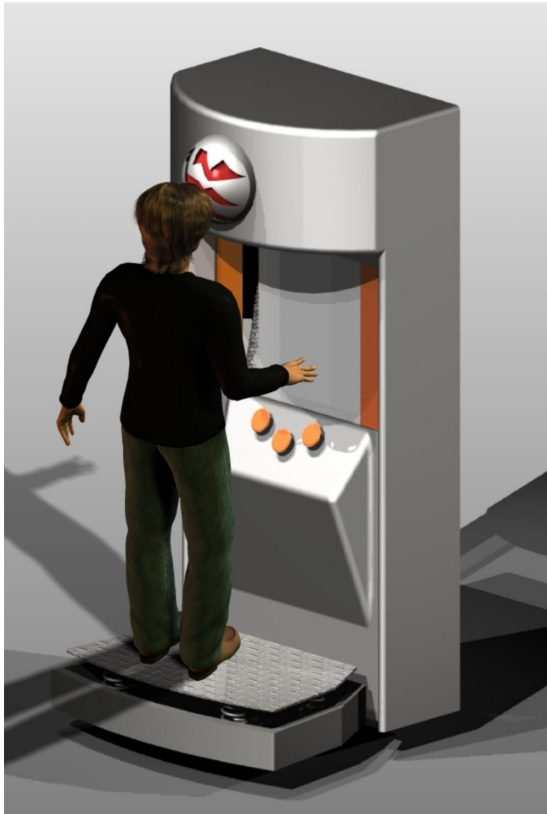


Figura 77. Relacion altura hombre - maquina

Estas medidas se encuentran dentro del promedio del la mujer del percentil y el hombre del percentil 70, un promedio de la estatura en C o l o m b i a .

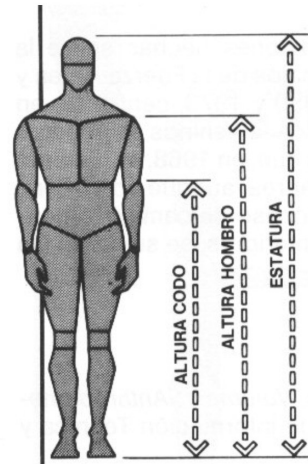


Figura 78. Figura humana altura. Tomada de Panero



Figura 79. Relación altura hombre - maquina 2

Los movimientos requeridos por parte del usuario para la interrelación hombre-maquina, son movimientos articulatorios clasificados como neutros, donde no se requiere de gran esfuerzo físico para realizarlos

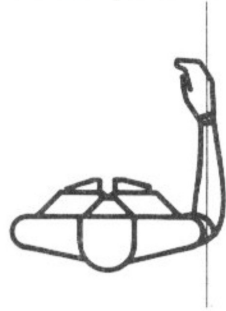


Figura 80. Movimiento articulatorio en posición neutra. Tomada de Panero

Para la manipulación de los botones, se requiere únicamente de la flexión palmar mínima, ya que la dimensión 80 mm y la superficie curva de estos, se adapta a la parte interna de la palma de la mano.

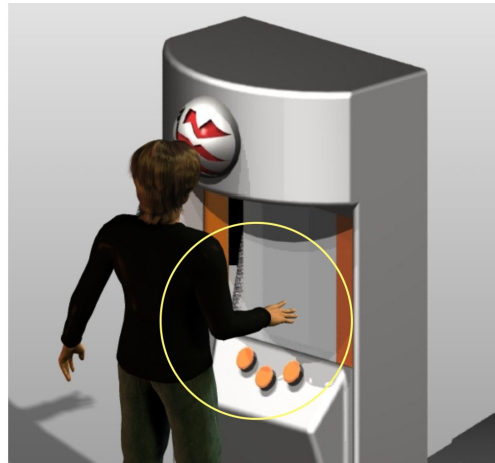


Figura 81. Relación humana vs botones maquina

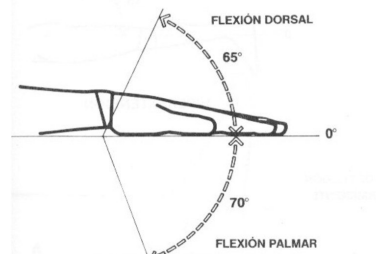


Figura 82. Flexión - Extensión. Tomada de Panero

La altura de la plataforma se encuentra definida, bajo las recomendaciones ergonomicas y antropométricas para la altura de un peldaño, que se encuentra entre 150 - 180 mm.

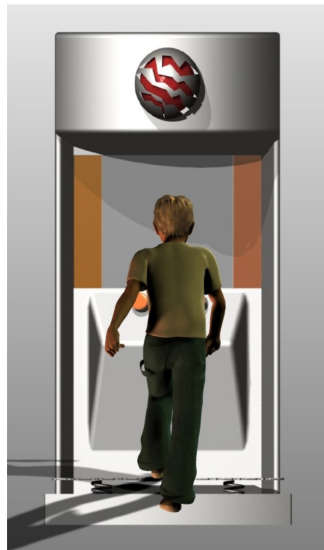


Figura 83. Relación humana hombre vs plataforma

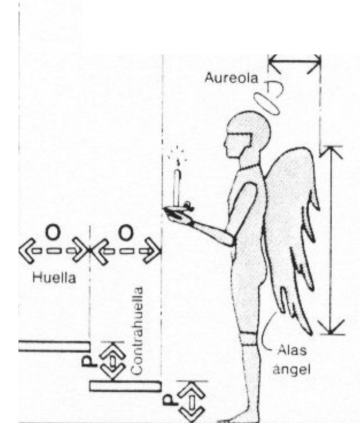


Figura 84. Figura humana vs escalon. Tomada de Panero

5. MEJORAS Y RECOMENDACIONES

“Algunas personas nunca aprenden nada,
porque todo lo comprenden demasiado pronto.”

Alexander Pope

5.1. MEJORAS

Durante el proceso de desarrollo y construcción del proyecto se evidenciaron algunos problemas funcionales y de diseño de la máquina que no se pudieron prever desde el planteamiento inicial de la propuesta seleccionada. Estas debilidades se fueron replanteando y modificando paralelo a la construcción, donde se pretendía lograr el óptimo funcionamiento de la experiencia. Aunque algunas soluciones fueron planteadas desde la parte teórica algunas quedaban sujetas a la experimentación; parte de estas se realizaron antes de la construcción del proyecto, en modelos a escala³⁵ pero que se debía verificar en la elaboración del prototipo a escala real para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados y del PDS propuesto.

Los cambios mas significativos con respecto a los lineamientos iniciales que se realizaron durante la construcción del prototipo fueron los siguientes:

³⁵ Anexo 4 ensayos y pruebas

5.1.1 Visualización del fenómeno

Una vez construida la máquina se dio inicio a la verificación del funcionamiento. Se pretendía corroborar los resultados obtenidos en los ensayos anteriormente realizados. El objetivo principal era la buena visualización del fenómeno de erupción y de las capas que se forman con los dos tipos de arenas. Después de realizar algunos ensayos se concluyó que se perdía un área considerable de la pantalla que estaba reservada para el ensamble con la estructura y la tolva, lo cual retardaba la formación del bloca, aumentando el tiempo de la experiencia, lo que se podría convertir en un problema de interacción con el usuario, ya que el aumento del ciclo podría distraerlo. Al analizar detenidamente la situación se decidió aumentar el espesor de la compuerta para elevar la simulación aprovechando 4 cm. más de visibilidad que se estaban perdiendo. Esta solución no solo optimizó la visualización del fenómeno y la disminución del tiempo de la erupción si no que también fue de gran ayuda para lograr hermeticidad entre la tolva y la pantalla.

5.1.2 Generación de turbulencia en los extremos de la tolva

El diseño establecido para los ensayos preliminares³⁶ tuvo que ser modificado debido a las dimensiones y a su relación y ensamble con los demás componentes del producto, lo que determinó la forma rectangular de la tolva. Esta forma impidió el buen flujo de aire al interior de esta, causando un efecto centrifugo que llevaba la arena a las paredes laterales, impidiéndole volver a ser expulsada. Este problema se contrarrestó adicionando dos entras de aire en los puntos críticos donde se acumulaba la arena, lo que permitió que la arena retornara al centro de la tolva y así ser expulsada nuevamente.

³⁶ Ensayos y pruebas

5.1.3 Poca salida de arena a la pantalla

A partir de las pruebas previas se determino un caudal constante a lo largo del sistema de 1/4" NPT. Al montar el sistema de aire en el prototipo se observo que la salida de arena era muy poca y no lograba la construcción de las capas volcánicas, por esta razón se decidió experimentar aumentando el diámetro del racor a 3/4 que conecta el sistema de aire a la tolva. Con esta cambio se logro un aumento en el flujo de arena hacia la pantalla permitiendo una simulación más real y rápida del fenómeno.

5.1.4 Tiempos de simulación de los ciclos de la máquina

Luego de haber experimentado con el usuario³⁷ el funcionamiento de la máquina se llego a la conclusión que se debían aumentar los tiempos de cada una de las etapas de simulación, debido a que este no alcanzaba a disfrutar los efectos que producía la máquina, y le generaba una sensación de insatisfacción. Por tal motivo se decide aumentar el tiempo de la etapa 1 (vibración y sonido) de 5 segundos a 15 segundos, mantener el sonido a lo largo de toda la experiencia, también los intervalos de tiempo de la erupción en los que no sale arena se disminuyeron de 4 seg. A dos, haciendo que se llene mas rápido la pantalla.

5.1.5 Iluminación insuficiente de los botones

Para iluminar internamente cada uno de los tres botones que activan la máquina se usaron en un comienzo leds de alta luminosidad que proyectaban la luz en chorro lo que hacía que no se apreciara la luz en toda la superficie del botón sino en tres puntos donde los leds se encontraban ubicados. El cambio de dichos leds por unos que proporcionen una mayor dispersión de luz logran el objetivo de

³⁷ Pruebas usuario

iluminar los botones completamente y así son fáciles de identificar cuando se activan.

5.1.6 Fugas de arena entre la pantalla y la tolva

Al ensamblar la pantalla y la tolva a la estructura se evidenciaron fugas de arena que aunque en los ensayos también se presentaron, en ese momento no eran relevantes. Para eliminar estas fugas en el prototipo se utilizó caucho espuma para sellar el ensamble tolva pantalla. El caucho espuma se ubicó en todo el contorno de la compuerta.

5.1.7 Intensidad en la vibración de la plataforma

Para seleccionar la intensidad de vibración de la plataforma se utilizó el método de ensayo y error, partiendo de una excéntrica semicircular de 70 mm. de diámetro con espesor de 10 mm. Esta excéntrica proporcionó una vibración leve que cumplía pero no a satisfacción. Para incrementar la vibración se decidió utilizar una segunda excéntrica con las mismas especificaciones, y se logró una mayor vibración que cumplía con las expectativas del equipo y del usuario.

5.1.8 Choque del usuario con parte superior de la máquina

Cuando se realizaron las pruebas de usuario se observó que una persona con estatura superior al percentil del hombre latino³⁸, se podía chocar con la parte superior de la máquina si se paraba en la parte delantera de la plataforma. Para darle una solución rápida y eficiente al problema se decidió ubicar la plataforma 150 mm delante de la máquina así no solo se soluciona el inconveniente de la interacción del usuario con la máquina.

³⁸ Anexo percentil del hombre colombiano

5.2. RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones se hacen con el fin de buscar mejores soluciones o alternativas al diseño y componentes funcionales planteados por el equipo, y elementos que aunque propuestos en el proyecto no se aplicaron por falta de recursos y/o acceso a los materiales. Pueden ser tomados como sugerencias que podrían enriquecer o darle un valor agregado a la experiencia y al funcionamiento de esta. Algunos de los aspectos que se van a mencionar se evidenciaron después de terminado el producto y de las pruebas de usuario, por tal motivo se plantean como cambios a futuro si el grupo de trabajo del Parque Explora los considera pertinentes o necesarios.

5.2.1 Mejorar interactividad usuario-máquina

La máquina simuladora de fenómenos volcánicos esta planteada por el equipo para una interacción con el usuario en tres diferentes etapas, que se activan o dan inicio al pulsar tres botones en una secuencia determinada. Para lograr mayor concentración del usuario en la experiencia se considera la posibilidad de remplazar estos tres botones por uno solo, pero sin eliminar ninguna de las etapas de la simulación.

5.2.2 Visibilidad del interior de la tolva

Con el objetivo de poder monitorear lo que sucede al interior de la tolva, verificar cantidad y flujo de arena, y posibles problemas que se puedan presentar en ella, se plantea tener un visor transparente a lo largo de la tolva que permita observar su interior sin necesidad de desensamblar el montaje.

5.2.3 Mejoramiento del flujo interno de arena en la tolva

Para lograr un correcto flujo al interior de la tolva sin la ayuda de entras de aire adicionales, se propone el rediseño de la tolva. Este consiste en adaptar dos compuertas laterales (en lugar de 1) que son un cuarto de una circunferencia, logrando así con los radios de cada una cerrar el interior de la tolva y conducir el chorro de arena al orificio que se forma entre las compuertas y da paso a la pantalla.

5.2.4 Sonido integrado en las instalaciones del museo

Con el fin de controlar y mejorar la calidad del sonido se recomienda hacer uso de la tecnología que el parque se encuentra desarrollando para sus experiencias. Consiste en un sistema bajo el formato mp3 que es operado por un sistema central y es llevado a cada una de la máquinas y experiencias a través de partes que reproducen el sonido.

6. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto de grado, se pretendió dar cumplimiento a los objetivos planteados inicialmente por el equipo de trabajo, estos son el punto de partida para dar una evaluación final del alcance del proyecto en la etapa de culminación.

Para el equipo de trabajo quedo, tras una investigación del fenómeno natural, un conocimiento que ayudo a la generación de ideas para la conceptualización y posterior materialización de la experiencia. El proceso de investigación del fenómeno geológico de erupciones volcánicas, comenzó con todas las generalidades de los volcanes en el mundo, como naces, se clasifican y sus características principales; mas adelante se fue orientando la investigación hacia el conocimiento del fenómeno en Colombia, el cual seria el objeto del proyecto, esta ayudo aclarar el referente que se tenia sobre el fenómeno volcánico y gracias a esto ahora se puede transmitir información verídica a través de la experiencia interactiva que proporciona “Vulcano”.

En la etapa de diseño se propusieron una serie de componentes que posteriormente fueron sometidos a una fase de ensayos y pruebas que le apporto al equipo de trabajo un conocimiento experimental basado en la elección de componentes bajo el método de ensayo-error, esto ayudo no solo a corroborar lo propuesto en la etapa de diseño si no también a perfeccionar cada una de las partes que componen la máquina. Un caso concreto donde podemos ilustrar lo anterior seria la búsqueda de los materiales adecuados para la simulación de la erupción, y la formación de capas. La experimentación comienza con materiales comerciales como las arenas utilizadas en construcción. A partir de esto se inicia la búsqueda de arenas y materiales pulverizados de diferentes densidades,

pasando por comestibles, plásticos, químicos y finalmente materias primas utilizadas en cerámicos. Así el grupo hizo uso de la recursividad y amplió su conocimiento en cuanto a diferentes materiales que hasta el momento eran desconocidos. En la búsqueda de la solución adecuada se adquiere no solo en conocimiento de lo que se busca si no las diferentes maneras en que el objetivo se puede alcanzar.

Durante el desarrollo de todo el proyecto se utilizaron conceptos y herramientas adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería de Diseño de Producto por ejemplo, la metodología de diseño la cual sirvió para establecer un camino lógico para la realización de las actividades del proyecto, la electrónica para la implementación de todo el sistema eléctrico y funcional de la experiencia, El uso de software de modelación para el diseño de la máquina y la documentación con planos para la construcción y para la elaboración del prototipo lo aprendido en maquetas y prototipos, además de la experiencia obtenida en el manejo de máquinas y herramientas durante todos los 8 proyectos de la carrera.

La experiencia con el grupo de trabajo del parque explora, ayudo a tener un punto de partida para el desarrollo del proyecto, sin embargo apartar de ese momento la asesoría por parte del grupo de explora se torno un poco confusa por cambios internos en el proyecto del parque, debido a la situación que se presento se decidió continuar con la pautas iniciales. En esta etapa de finalización, se considera que aunque en el museo hayan surgido cambios conceptuales en la sala de Colombia Geodiversa, “Vulcano” cumple con el objetivo de simular el fenómeno y al mismo tiempo generar una experiencia de aprendizaje, y por esta razón puede ser considerada para hacer parte de dicha sala.

Uno de los objetivos planteados era conocer como y porque surgen estén tipo de máquinas interactivas como apoyo al aprendizaje. Por medio de la investigación se pudo evidenciar como aparece una corriente llamada conexionismo bajo la cual

se establece un método de aprendizaje basado en la experiencia. El usuario objetivo es una persona que se encuentra en etapa escolar y se puede aprovechar la adquisición de conocimiento a largo plazo por medio de la interacción con la máquina.

El conocimiento del usuario a través de las sesiones de grupo permitió conocer las expectativas que ellos tienen frente al surgimiento de este tipo de experiencias. De esta manera ayudo a generar las directrices no solo del diseño funcional si no también incluir en la experiencia los fenómenos secundarios ligados a una erupción volcánica, ubicando al usuario en un contexto más real.

En el diseño final de la máquina se logro la estimulación multisensorial a través de elementos como el humo, el sonido, y la vibración que conectan al usuario y lo mantienen concentrado durante el ciclo de la experimentación.

Al finalizar el proyecto se logro el “diseño y desarrollo de una máquina simuladora de fenómenos volcánicos para el parque interactivo Explora”, que cumple funcionalmente con los requisitos planteados al principio del trabajo, con las expectativas personales de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo y con las del usuario objetivo que se evidenciaron en las pruebas de usuario realizadas³⁹ antes de la culminación de este proyecto de grado. Para el grupo la satisfacción del usuario objetivo al interactuar con la experiencia generada por “Vulcano” es el principal logro y es la evaluación del alcance del proyecto.

³⁹ Anexo Ensayos y pruebas

BIBLIOGRAFÍA

BANCO DE OCCIDENTE. "Volcanes de Colombia". Santiago de Cali, Colombia; I/M EDITORES; 1997

CROSS, Nigel. Métodos de Diseño: estrategia para el diseño de productos. Liway. 2002.

EL COLOMBIANO, Enciclopedia Tierra. Dorling Kindersley Limited. 2004

EL COLOMBIANO, Enciclopedia de la Tierra. Ed. Aguilar/Santillana, 4ª Ed. Actualizada, 1992.

MURILLO, H. y ÁLVAREZ, E. "Guía electrónica básica". Medellín, Colombia; 2002

MURILLO, H. y TAMAYO, A. "Microcontroladores guía Pic-C". Medellín, Colombia; 2005

PANERO, Julius. Las dimensiones humanas en espacios interiores: estándares antropométricos. 7ª ed. México, G. Gili, 1996

PERIÓDICOS ASOCIADOS, Enciclopedia Colombia tierra de mil colores. 2003

SALVAT EDITORES, Enciclopedia Visual, tomo 4, La Tierra, 1978.

SCHMINCKE, H. "Volcanism". Alemania, Springer, 2004

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. "Ergonomía". Zaragoza, España; Editorial Mapfre; 2001

VALLADOLID. "Ergonomía", 1979

Sitios Web

- <http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~GeoD/estudiantes/caridad/Html/placas.html> > [Consulta Febrero 9 de 2006]
- http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_models/expose.html > [Consulta Enero 21 de 2006]
- <http://html.rincondelvago.com/los-volcanes.html> > [Consulta Febrero 9 de 2006]
- http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/interior/shield_volcanos.sp.html > [Consulta Feb 11 de 2006]
- <http://www.parquesnacionales.gov.co/areas/lasareas/galeras/galeintro.htm>> [Consulta Marzo 7 de 2006]
- <http://images.google.com.co/images?q=volcanes&svnum=10&hl=es&lr=>> [Consulta Marzo 19 de 2006]
- www.parqueciencias.com> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.cienciayagua.org> [Consulta Junio 10 de 2006]
- <http://portal1.lacaixa.es>> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.nmmnhabq.mus.nm.us/nmmnh/exh_main.html#volcanoes> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.pendulum.es> [Consulta Junio 10 de 2006]
- <http://www.amnh.org/exhibitions/exploratorium/>> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.pass.be> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.ccs.net.mx/> [Consulta Junio 10 de 2006]
- www.mncn.csic.es> [Consulta Junio 12 de 2006]
- www.mim.cl> [Consulta Junio de 2006]

- <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/geologia/DiccionarioGeologico>> [Consulta Julio 3 de 2006]
- <http://www.agama.net/fosici/it034.jpg>> [Consulta Julio 3 de 2006]
- www.cta.org.co/publicaciones/EducacionMuseo.pdf > [Consulta Septiembre 4 de 2006]
- www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos > [Consulta Septiembre 4 de 2006]