

**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NEBULIZADOR PORTÁTIL CON  
MEDIDOR DE FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO ELECTRÓNICO PARA  
PREVENIR Y TRATAR EPISODIOS DE CRISIS ASMÁTICA EN NIÑOS**

**DIANA PATRICIA FRANCO GALLO**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO**

**MEDELLÍN**

**2008**

**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NEBULIZADOR PORTÁTIL CON  
MEDIDOR DE FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO ELECTRÓNICO PARA  
PREVENIR Y TRATAR EPISODIOS DE CRISIS ASMÁTICA EN NIÑOS**

**DIANA PATRICIA FRANCO GALLO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título  
de Ingeniera de Diseño de Producto**

**Asesor:**

**Wilmar A. Villa Arenas**

Ingeniero Administrador – Universidad Nacional de Colombia

Consultor en salud – Promotora Vitalmed

Docente de cátedra EAFIT

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO**

**MEDELLÍN**

**2008**

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Medellín, 6 de Junio de 2008

A mi padre... mi impulsor, mi  
compañero, mi amigo y mi héroe...

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus agradecimientos a:

Mi madre, por ser mi compañía, mi cafeína y mi recordatorio.

Mi hermano Carlos, quien se dio cuenta a tiempo que yo “si servía para esto” y me apoyo siempre.

Mi cuñada Cata, por estar pendiente de todos mis sueños, mis metas y mis triunfos.

Mi novio, Sebastián, mi “compañero de tesis”, por impulsarme y confiar en mí, siempre alentándome a seguir adelante contando con él.

Mis suegros, Gloria Inés y Luis Guillermo, por compartir todas sus experiencias conmigo sobre su difícil acompañamiento en la enfermedad de Sebastián toda una vida.

A mi asesor Wilmar Villa, por su tiempo y disponibilidad y sus valiosos aportes a mi desarrollo como profesional.

Al doctor Mauricio Sánchez, por su ayuda incondicional y sus sorprendentes aportes.

A Irene Correa, por su enorme corazón y su pasión por ayudarles a las personas menos favorecidas de nuestra sociedad por medio de su labor.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE ANEXOS.....	14
GLOSARIO.....	15
RESUMEN.....	18
1 INTRODUCCIÓN.....	19
2 ANTECEDENTES.....	22
2.1 CAUSAS DEL ASMA.....	23
2.1.1 FACTORES ETIOLÓGICOS:.....	23
2.1.2 FACTORES DESENCADENANTES:.....	23
2.2 SÍNTOMAS DEL ASMA.....	24
2.3 DIAGNOSTICO.....	24
2.4 TRATAMIENTO.....	24
2.4.1 DE MANTENIMIENTO O DE FONDO:.....	24

2.4.2	DE CRISIS AGUDA.....	25
2.5	EQUIPOS PARA TERAPIA RESPIRATORIA .....	25
2.5.1	CILINDRO DE OXIGENO.....	26
2.5.2	CONCENTRADOR DE OXIGENO .....	27
2.5.3	NEBULIZADOR.....	28
2.6	GINKO COMO PRIMER PROTOTIPO .....	29
3	OBJETIVOS.....	31
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	31
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
4	ALCANCE Y PRODUCTOS .....	32
5	METODOLOGÍA .....	33
6	INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS.....	34
6.1	ANÁLISIS DE PRODUCTOS EXISTENTES.....	34
6.2	ANÁLISIS USUARIO – PRODUCTO – CONTEXTO.....	39
6.2.1	NIÑO ASMÁTICO.....	39
6.2.2	MADRE Y PADRE DE NIÑO ASMÁTICO .....	41

6.2.3	ENFERMERAS Y MÉDICOS .....	41
6.3	ENTREVISTAS EN PROFUNDIDAD .....	42
6.3.1	CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS.....	49
6.4	PRUEBAS DE USUARIO “GINKO” .....	51
6.4.1	CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS.....	54
6.5	PROCESO DE DISEÑO .....	55
6.5.1	TEMA VISUAL .....	55
6.5.2	EMOCIÓN.....	56
6.5.3	REFERENTE FORMAL.....	58
6.5.4	CARTA DE COLORES Y TEXTURAS.....	60
7	ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO .....	62
7.1	BRIEF.....	65
7.2	PDS.....	66
8	CONCEPTUALIZACIÓN .....	67
8.1	DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.....	68
8.2	CARACTERÍSTICAS PARA EL DESARROLLO ELECTRÓNICO.....	71

9	ELECTRÓNICA.....	75
9.1	MONTAJE ELECTRÓNICO.....	75
	NEBULIZACIÓN Y OXIGENACIÓN:.....	75
	MEDIDOR DE FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO: .....	76
10	MODELACIÓN 3D DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA.....	78
11	MANUAL DE USUARIO GINKO.....	80
11.1	MATERIAL DIDÁCTICO GINKO.....	80
12	MANUFACTURA.....	82
12.1	DESARROLLO DE PLANOS.....	82
12.2	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL.....	82
13	CONCLUSIONES .....	84
14	BIBLIOGRAFÍA .....	87
	ANEXOS .....	90

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis de Medidores de Flujo Espiratorio Máximo en el mercado .....	34
Cuadro 2: Análisis de Nebulizadores en el mercado.....	35
Cuadro 3: Análisis de los componentes y partes de Ginko .....	38
Cuadro 4: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 1 y 2 – Padres de Familia.....	45
Cuadro 5: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 3 – Paciente Asmático .....	46
Cuadro 6: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 4 – Enfermera Profesional.....	47
Cuadro 7: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 5 – Medico General .....	48
Cuadro 8: Seguimiento de las Pruebas de Usuario <sup>¶</sup> .....	52
Cuadro 9: Evaluación de cada una de las funciones y elementos de Ginko .....	63
Cuadro 10: Consolidado final de la evaluación .....	65
Cuadro 11: Matriz de evaluación de las alternativas de diseño .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Inflamación presentada en un bronquiolo asmático .....	22
Figura 2: Presentación de un inhalador de dosis medida.....	25
Figura 3: Presentación del oxígeno medicinal en cilindro.....	27
Figura 4: Concentradores de oxígeno .....	28
Figura 5: Presentación de dos diferentes nebulizadores portátiles .....	29
Figura 6: Prototipo preliminar “Ginko” .....	29
Figura 7: Metodología usada para el desarrollo del proyecto.....	33
Figura 8: Componentes y partes de Ginko.....	37
Figura 9: Visualización del Usuario en dos facetas .....	39
Figura 10: Papel de los padres en el tratamiento de la enfermedad .....	41
Figura 11: Enfermeras y doctores como usuarios pasivos del producto.....	42
Figura 12: Productos relacionados con el estilo de vida del usuario .....	56
Figura 13: Diversión como emoción principal.....	57
Figura 14: Emociones secundarias extraídas desde el mundo animal .....	58

Figura 15: Referente Formal para el Proceso de Diseño .....	59
Figura 16: Carta de colores a partir del referente formal .....	60
Figura 17: Carta de texturas a partir del referente formal.....	61
Figura 18: Formas y siluetas a partir del referente formal .....	67
Figura 19: Exploración formal .....	68
Figura 20: Desarrollo de alternativa de diseño N°1 .....	69
Figura 21: Desarrollo de alternativa de diseño N°2 .....	69
Figura 22: Desarrollo de alternativa de diseño N°3 .....	69
Figura 23: Desarrollo de alternativa de diseño N°4 .....	70
Figura 24: Diagrama de flujo del semáforo en verde del MFEM .....	72
Figura 25: Diagrama de flujo del semáforo en amarillo del MFEM .....	72
Figura 26: Diagrama de flujo del semáforo en rojo del MFEM .....	73
Figura 27: Montaje electrónico de los principales componentes .....	75
Figura 28: Disposición del nuevo medidor de FEM .....	77
Figura 29: Modelación 3D de la alternativa de diseño escogida .....	78
Figura 30: Vista en explosión de los componentes del modelo .....	79

Figura 31: Propuestas de color .....79

Figura 32: Proceso de construcción del modelo .....83

Figura 33: Modelo funcional Ginko .....83

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A: Guía Para Las Entrevistas En Profundidad

Anexo B: Entrevistas En Profundidad N° 1 Y 2

Anexo C: Entrevistas En Profundidad N° 3

Anexo D: Entrevistas En Profundidad N° 4

Anexo E: Entrevistas En Profundidad N° 5

Anexo F: Guía Para Las Pruebas De Usuario

Anexo G: Proceso De Diseño – Alfabeto Visual

Anexo H: Cromoterapia – Efecto De Los Colores

Anexo I: Calor Y Humedad En El Ciclo Respiratorio

Anexo J: BRIEF

Anexo K: Product Design Specifications – PDS

Anexo L: Planos De Ingeniería

Anexo M: Manual De Usuario Ginko

Anexo N: Material Didáctico Ginko

## GLOSARIO

**ÁCAROS DEL POLVO DOMÉSTICO:** Un potente alérgeno del aire que vive en lugares con alta humedad durante la mayor parte del año y en los que puede alimentarse de restos descamativos de la piel.

**ALÉRGENO:** Un alérgeno es una sustancia capaz de producir una reacción alérgica. Son alérgenos comunes la caspa animal, los ácaros del polvo doméstico y el polen.

**ASMA PROFESIONAL:** Desarrollo de asma como consecuencia de la exposición continua y repetida a neumoalergenos laborales, como por ejemplo puede suceder en carpinteros, peluqueras, industria química, agricultores etc.

**CRISIS:** Es un empeoramiento de los síntomas del asma. Usted puede sufrir una crisis de asma aunque tome sus medicamentos todos los días. Es importante disponer de un plan de tratamiento del asma, para saber lo que hay que hacer si se padece una crisis asmática.

**DESENCADENANTES:** En el asma, un factor desencadenante es cualquier cosa que causa dificultad respiratoria. El polvo, el humo del tabaco, algunos animales domésticos y el ejercicio son algunos de los desencadenantes que pueden producir sibilancias, tos y dificultad respiratoria.

**DISNEA (AHOGO):** Es el síntoma más frecuente. Se presenta ante esfuerzos intensos y por la noche. Este ahogo es más habitual en niños y adolescentes.

**ESPIROMETRÍA FORZADA:** Mide el volumen de aire de una espiración forzada en función del tiempo, a partir de una inspiración máxima.

**INFLAMACIÓN:** En el asma, la inflamación de sus vías respiratorias es la causa por la que están hinchadas y rojas. Las personas con asma toman medicamentos para eliminar la inflamación, ya que ésta puede provocar varios problemas respiratorios.

**IRRITANTE:** Una sustancia que produce irritación. El humo del tabaco, los olores intensos y los agentes contaminantes del aire son ejemplos de irritantes asociados al asma.

**MEDICIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO:** Consiste en determinar la posible variación de la función pulmonar por el propio paciente y en su mismo domicilio, mediante un pequeño aparato portátil.

**MOCO:** La sustancia pegajosa que a veces se tiene en la nariz, la garganta y los pulmones se denomina moco. Cuando se sufre asma, el moco de los pulmones se vuelve muy pegajoso, y entonces resulta más difícil respirar.

**OPRESIÓN TORÁXICA:** Se trata de cierta dificultad para respirar, una opresión de toda la caja torácica que impide realizar una respiración normal.

**PRUEBA BRONCODILATADORA:** Consiste en repetir la espirometría forzada pero a los 15 minutos de haber inhalado un fármaco con capacidad para dilatar los bronquios (broncodilatador).

**PRUEBAS DE BRONCOPROVOCACIÓN O BRONCOCONSTRICCIÓN:** Consiste en provocar un pequeño y controlado estrechamiento o espasmo de los bronquios (broncoconstricción) ya sea tras la inhalación de una sustancia broncoconstrictora o tras la realización de un ejercicio.

**PÓLIPOS NASALES:** Formaciones de la mucosa que recubren el interior de las cavidades nasales. Se observan como vegetaciones o excrecencias de la mucosa nasal muy inflamada.

**PULMONES:** Los pulmones permiten al organismo obtener el aire limpio que necesita para vivir y eliminar el aire usado que ya no se necesita. Los bronquios y bronquiolos son dos partes importantes de los pulmones.

**RINITIS CRÓNICA:** Inflamación de la mucosa nasal que origina obstrucción del paso de aire a través de la nariz, estornudos y aumento de la secreción nasal. Los casos más graves acaban desarrollando *pólipos nasales*.

**SECRECIÓN BRONQUIAL:** Menos frecuente pero también afecta la calidad y cantidad de secreción de la mucosa. Es habitualmente muy espesa y difícil de expulsarla.

**SIBILANCIAS:** Signo y síntoma más característico del asma. Es el curioso ruido que hacen los pulmones. Si se escucha atentamente, a veces suenan como un silbido o pito mas audibles durante a espiración (expulsión del aire por la boca).

**TRÁQUEA:** La tráquea está situada entre la laringe y los bronquios, y sirve para permitir la entrada y la salida del aire de los pulmones.

**TRATAR/TRATAMIENTO:** "Tratar" el asma significa cuidar la enfermedad para que se mantenga bajo control. Si se trata bien el asma (se toma la medicación según ha indicado el médico y, si es posible, se evitan los desencadenantes), puede respirar mejor, y tener el mismo nivel de actividad que las personas que no tienen asma.

**VÍAS RESPIRATORIAS SUPERIORES:** La parte superior de las vías respiratorias comprende la nariz, la garganta, los senos y la laringe.

## RESUMEN

El siguiente Proyecto de Grado evidencia la investigación realizada alrededor del tema del asma como una de las enfermedades respiratorias de mayor incidencia en el mundo y una de las principales causantes de muertes, con un alto porcentaje de casos en niños. Dicha patología no se puede curar, pero un tratamiento adecuado permite controlar la enfermedad y disfrutar de una buena calidad de vida; debido a esta razón, se hace necesaria la implementación en el mercado de equipos confiables que permitan monitorear y abordar los síntomas de manera más cómoda y segura desde el hogar.

Se ha descubierto que el manejo integral de esta enfermedad, acompañado por la supervisión de los padres, monitoreado por el médico de cabecera y con la inclusión de temas del comportamiento natural, se logra que un niño con esta enfermedad pueda realizar las actividades normales de su edad y evite implicaciones psicológicas en su edad adulta.

Como solución integral a estos problemas descubiertos nace Ginko, un equipo biomédico que brinda a la familia del menor diversas funciones que les permiten tratar la enfermedad desde espacios más adecuados. Posee un *medidor de flujo espiratorio máximo* que ayuda a hacer monitoreo constante del estado de los bronquios del niño y permite adelantarse a crisis que están por desarrollarse y un *nebulizador* que permite aumentar la capacidad pulmonar y volver al estado inicial, combinado con la posibilidad de *oxigenar* por medio de cánula nasal en momentos más críticos.

NEBULIZADOR PORTÁTIL, MEDIDOR DE FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO, OXIGENO, TRATAMIENTO, PREVENCIÓN, ASMA, NIÑOS, ATENCIÓN DOMICILIARIA.

## 1 INTRODUCCIÓN

Cada año mueren cerca de 10 millones de menores de cinco años (más de 1.000 cada hora), pero la mayoría de ellos podrían sobrevivir y crecer si tuvieran acceso a intervenciones simples y asequibles.<sup>[1]</sup>

Según estima la OMS<sup>1</sup>, hay en el mundo unos 300 millones de personas que sufren asma, y 255.000 fallecieron por esa causa en 2005.<sup>[2]</sup> Aunque no se puede curar, un tratamiento apropiado permite controlar la enfermedad y disfrutar de una buena calidad de vida. Además, algunos niños con formas moderadas de la enfermedad superan sus síntomas con los años; sin embargo, las muertes por asma aumentarán en casi un 20% en los próximos 10 años si no se toman medidas urgentes.<sup>[2]</sup>

El asma está presente en todos los países, independientemente de su grado de desarrollo. Más del 80% de las muertes por asma tienen lugar en países de ingresos bajos y medios-bajos. Para lograr un control eficaz es imprescindible que los medicamentos estén disponibles y sean asequibles, sobre todo para las familias de ingresos bajos.<sup>[2]</sup>

La meta en el cuidado del paciente asmático es lograr y mantener un adecuado control de las manifestaciones clínicas de la enfermedad por periodos prolongados. Cuando el paciente asmático está controlado, el paciente puede

---

<sup>1</sup> La OMS –Organización Mundial de la Salud– es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. Es la responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales.

prevenir la mayoría de los ataques, evitar la presencia de sintomatología diurna o nocturna y lograr mantener la actividad física sin problemas.

Para lograr alcanzar esta meta, el programa GINA<sup>2</sup> propone una integración de cuatro componentes de cuidado fundamentales de la terapia<sup>[3]</sup>:

- Componente 1. Desarrollar una relación Médico / Paciente adecuada.
- Componente 2. Identificar y reducir la exposición a factores de riesgo.
- Componente 3. Abordaje, tratamiento y monitoreo del control en el paciente asmático.
- Componente 4. Manejo de Exacerbaciones.

Para los padres de niños asmáticos es un verdadero dolor de cabeza la ocurrencia de una crisis ya que en sus casas no poseen las herramientas apropiadas para hacer su debido control, además del riesgo que implica salir a la búsqueda del hospital mas cercano, especialmente en horas de la noche donde las bajas temperaturas y los vientos fuertes incrementan y aumentan los peligros. Está comprobado que si la crisis que está por venir es detectada con dos horas de anticipación puede evitarse. Aparatos como el *medidor de flujo espiratorio máximo* y el *nebulizador* ayudan a gestionar la prevención, el diagnóstico y el tratamiento del asma<sup>[4]</sup> acompañados de su debida atención especializada, disminuyendo así las hospitalizaciones, mejorando la calidad de vida y reduciendo los costos por atención de salud.<sup>[5]</sup>

Se propone entonces, el desarrollo de un equipo biomédico de uso domiciliario que le brinda al paciente y su familia múltiples comodidades y facilidades del tratamiento de la enfermedad desde el hogar evitando riesgos mayores e

---

<sup>2</sup> La **Iniciativa Global para el Asma GINA** (“**Global Initiative for Asthma**”) se creó con el fin de aumentar la conciencia y conocimiento sobre el tema entre los profesionales en salud, autoridades en salud pública y público general. Este grupo se dedica a preparar reportes científicos sobre asma de manera que se aumente la difusión e implementación de las múltiples recomendaciones sobre el manejo del asma.

implicaciones psicológicas en edades posteriores de los niños. Para esto, se llega al diseño y desarrollo de un equipo integral que no solo ofrece la posibilidad de medición de flujo pico y nebulizaciones sino que también brinda otras funciones como conexión en la casa y el carro (12V), monitoreo de los tiempos de nebulización y descanso, oxígeno por medio de cánula nasal y un acercamiento al niño por medio de un producto que se sale de lo clínico y se mezcla en su entorno propio ayudándole a hacer de sus crisis asmáticas episodios menos traumáticos.

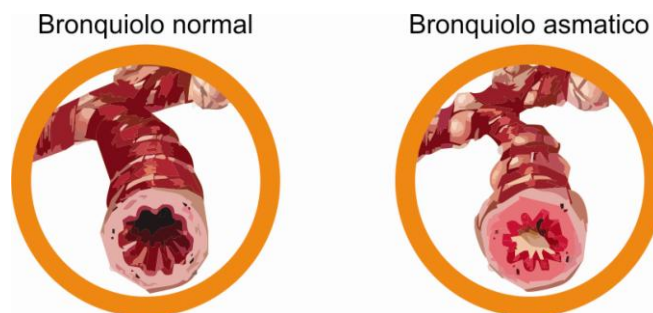
Para complementar este último reto, el producto ofrece un kit de material didáctico con diversas posibilidades de distracción centrando la atención del niño en actividades complementarias que le permitan entender mejor su enfermedad y relacionarla con el personaje principal de un cuento adjunto quien vive las mismas situaciones. En este espacio el niño podrá colorear, podrá ser felicitado por su buen comportamiento en las nebulizaciones y podrá conocer más de dicho personaje.

## 2 ANTECEDENTES

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías aéreas. Se produce por una inflamación y obstrucción de las “tuberías” - los bronquios - que conectan la tráquea con las zonas del pulmón donde se realiza el intercambio de los gases necesarios para el funcionamiento del organismo (Figura 1). Ante determinados estímulos, hay una respuesta bronquial exagerada y las tuberías se estrechan, por lo que el aire entra con dificultad, siendo más difícil aún su salida.<sup>[6]</sup>

La mayor parte de personas asmáticas, presentan dificultades para respirar periódicamente. Cuando esto ocurre, se denomina *crisis asmática* (también conocida como ataque, episodio, o exacerbación de asma). Dichas personas son extremadamente sensibles o hiperreactivas a ciertas cosas, como el ejercicio físico, el polvo o el humo de los cigarrillos. Esta hiperreactividad hace que los músculos lisos que recubren las vías respiratorias se tensen y se contraigan.

Cuando una persona presenta una crisis asmática puede toser, tener sibilancias (emitir un sonido como "un pito" al respirar), faltarle el aliento y sentir una fuerte opresión en el pecho. Una crisis asmática puede durar varias horas, o más tiempo si la persona no se medica adecuadamente.<sup>[7]</sup>



**Figura 1: Inflamación presentada en un bronquiolo asmático**

**Fuente:** [http://www.paritarios.cl/especial\\_asma\\_ocupacional.htm](http://www.paritarios.cl/especial_asma_ocupacional.htm) [Consulta Noviembre 1 de 2007]

Se calcula que el asma afecta alrededor de un 5% de la población general <sup>[8]</sup>, estas cifras aumentan en la infancia, donde superan el 10%.<sup>[1]</sup> El 50 al 80% de los niños con asma, desarrollan síntomas antes de los cinco años<sup>[9]</sup> convirtiéndose en una de las primeras causas de hospitalización, enfermedad crónica y ausentismo escolar.<sup>[10]</sup>

## 2.1 CAUSAS DEL ASMA

Se diferencian dos tipos de causas de asma: los *factores etiológicos* y los *factores desencadenantes*.

### 2.1.1 FACTORES ETIOLÓGICOS:

- *La herencia genética.* Aproximadamente la mitad de los asmáticos tienen antecedentes familiares con padecimiento de asma.
- *Las alergias.* Las sustancias con capacidad para producir alergia, se conocen como alérgenos y cuando son volátiles, *neumoalérgenos*. Los más frecuentes son los ácaros y los pelos de los animales domésticos.
- *Los factores ambientales.* Entre estas se encuentra el *asma profesional* y el *tabaco*.

### 2.1.2 FACTORES DESENCADENANTES:

- Los factores climáticos: frío, humedad, nieve
- El ejercicio físico intenso
- Los ambientes polucionados y contaminados, especialmente por humo de tabaco
- Las emociones intensas como llanto, risa, miedo o ansiedad
- Las infecciones respiratorias como bronquitis, resfriados y gripe
- Los medicamentos: aspirina y derivados,  $\beta$ -bloqueantes (fármacos utilizados para tratar la hipertensión arterial o en soluciones oftálmicas, el glaucoma)

## 2.2 SÍNTOMAS DEL ASMA

El asma es una enfermedad de curso variable. De tal forma que los síntomas pueden variar a lo largo del tiempo y también entre diferentes pacientes. A veces estos síntomas son crónicos y a veces solo ocasionales. Los principales son:

- *Disnea (ahogo)*
- *Sibilantes (pitos al respirar)*
- *Tos*
- *Opresión torácica*
- *Rinitis crónica*
- *Secreción bronquial*

## 2.3 DIAGNOSTICO

El diagnostico de asma se realiza considerando conjuntamente tres antecedentes dentro de los cuales se encuentran: los síntomas, las pruebas de alergia y las pruebas de función pulmonar. Dentro de las últimas se destaca la *Medición de la variabilidad del flujo espiratorio máximo*.

## 2.4 TRATAMIENTO

Existen dos tipos de tratamiento: *el de mantenimiento o “de fondo” y el de crisis aguda*.

### 2.4.1 DE MANTENIMIENTO O DE FONDO:

Se realizan en función de la gravedad del asma. Los fármacos habitualmente empleados son los denominados *PREVENTIVOS* entre los cuales cabe citar los esteroides (budesonida, fluticasona, beclometasona) y los  $\beta$ -adrenérgicos de acción prolongada (salmeterol y formoterol), ambos administrados por vía inhalatoria y frecuentemente combinados.

En caso de aparecer síntomas (no una crisis) se añade además un tercer fármaco denominado *SINTOMÁTICO*. Los medicamentos habitualmente empleados como sintomáticos son los  $\beta$ -adrenérgicos de corta duración (salbutamol, terbutalina, procaterol) administrados por vía inhalatoria. El propio paciente se los administra en función de la necesidad y como medicación de rescate (Figura 2).



**Figura 2: Presentación de un inhalador de dosis medida**

**Fuente:** <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/asthma.html> [Consulta Noviembre 5 de 2007]

#### **2.4.2 DE CRISIS AGUDA**

Se efectúa mediante medicación *SINTOMÁTICA*, administrada a dosis elevadas y de forma continua (a determinados intervalos) de un  $\beta$ -adrenérgico de corta duración (salbutamol, terbutalina), junto con esteroides (cortisona o derivados) por vía intravenosa, intramuscular u oral.

### **2.5 EQUIPOS PARA TERAPIA RESPIRATORIA**

Existe una gran variedad de equipos de oxigenoterapia para atención domiciliaria de las diferentes enfermedades respiratorias existentes. Dicha variedad de equipos son artefactos generalmente costosos para los pacientes por lo cual se recurre a su alquiler por horas o por días según el tiempo que se requiera. En Colombia es posible alquilar o comprar estos productos gracias a empresas como Agafano, Cryogas, Oxígenos de Colombia entre otros. Los productos de atención

domiciliaria mas comunes para el tratamiento del asma son *los cilindros de oxígeno, los concentradores de oxígeno y los nebulizadores portátiles*.<sup>3</sup>

### **2.5.1 CILINDRO DE OXIGENO**

Los cilindros de gases medicinales contienen gas a alta presión, normalmente llenados a una presión de 2.100 libras con diversas capacidades. Para atención domiciliaria, los cilindros de alta presión son en primer lugar usados como respaldo (*backup*) para los concentradores de oxígeno, y con cilindros livianos como una solución para la comodidad y desplazamiento del paciente. En algunos casos, especialmente para terapias breves con oxígeno, se usan cilindros de alta presión como principal fuente de oxígeno medicinal.

La mayoría de cilindros son fabricados en aluminio lo que los hacen más prácticos para su transporte. Generalmente son acompañados de un humidificador, manguera, careta y regulador y su duración depende directamente de la capacidad dada por el cilindro. Al ser equipos portátiles se presentan acompañados de carros o maletines que permiten su desplazamiento (Figura 3).

Los concentradores no son solo usados para personas asmáticas, sino también para todas aquellas personas que por cualquier enfermedad requieren de oxígeno medicinal en su tratamiento, lo que los convierte en uno de los productos mas usados tanto en hospitales y clínicas como en el hogar del paciente. Su forma de adquisición más común es por medio de alquiler debido a su precio que varía desde \$500.000 hasta \$1'000.000 para la compra; por el contrario, en alquiler pueden conseguirse desde \$20.000 por semana.

---

<sup>3</sup> Mónica Marcela Jiménez C. [Comunicación personal, Febrero 20 de 2008] Enfermera jefe, encargada del PADO – Plan de Atención Domiciliaria – Comfenalco Antioquia, Medellín.



**Figura 3: Presentación del oxígeno medicinal en cilindro**

**Fuente:** <http://www.emece.com.mx/Oxigeno.htm> [Consulta Febrero 7 de 2008]

### **2.5.2 CONCENTRADOR DE OXIGENO**

Un concentrador de oxígeno es un dispositivo médico eléctrico que utiliza tecnología de tamiz para extraer oxígeno del aire del entorno (Figura 4). Este oxígeno luego es suministrado al paciente por medio de un tubo conectado a una cánula nasal. Internamente poseen una variedad de filtros que aseguran que el oxígeno suministrado llegue al paciente con máxima pureza.

Los concentradores de oxígeno generalmente incluyen concentrador de oxígeno, vaso humidificador, puntas nasales y extensión de manguera.

De todos los sistemas de suministro usados por los pacientes que dependen del oxígeno, los concentradores de oxígeno son los más comunes junto con los cilindros. La oxigenoterapia domiciliar es adquirida comúnmente en calidad de alquiler ya que pueden encontrarse alrededor de \$180.000 mensuales. Estos equipos están disponibles igualmente para su compra pero por su elevado costo son adquiridos en su mayoría por hospitales. Su costo varía entre \$2'500.000 y \$3'500.000.



**Figura 4: Concentradores de oxígeno**

**Fuente:** <http://www.outlandishonline.com/outlandish/prodserv/1600.shtml> [Consulta Febrero 10 de 2008]

### **2.5.3 NEBULIZADOR**

Un nebulizador es un tipo de inhalador que atomiza una neblina líquida de medicamento. Esto se realiza a través de una mascarilla utilizando oxígeno o aire bajo presión o a través de una máquina ultrasónica (a menudo utilizada por personas que no pueden usar un inhalador de dosis controlada como por ejemplo, bebés o niños pequeños, y las personas con asma severa). La boquilla se conecta a una máquina a través de un conducto plástico para suministrar el medicamento (Figura 5).

Los medicamentos utilizados con el nebulizador ayudan a aflojar el moco producido en los pulmones para que pueda ser eliminado más fácilmente a través de la tos y a relajar los músculos de las vías respiratorias para que pueda entrar y salir más aire de los pulmones. La inhalación del medicamento directamente hacia los pulmones tiene un efecto mejor y más rápido que si se ingiere oralmente. Los tratamientos con un nebulizador pueden requerir de 15 a 20 minutos para el suministro del medicamento.

Aunque existen nebulizadores de tipo institucional u hospitalario que son mucho más costosos, esta investigación se centrara en los nebulizadores portátiles. El costo de estos equipos oscila entre \$150.000 y \$400.000 y para alquilar alrededor de \$6.000 el día.



**Figura 5: Presentación de dos diferentes nebulizadores portátiles**

**Fuente:** <http://www.miscelandia.com.co/home.php?cat=49> [Consulta Febrero 10 de 2008]

## 2.6 GINKO COMO PRIMER PROTOTIPO

En el segundo semestre de 2007, un grupo de tres estudiantes de Bioingeniería de sexto semestre de la Universidad de Antioquia fue patrocinado por el CTA<sup>4</sup> para desarrollar el proyecto “*Diseño y construcción de un novedoso nebulizador y un flujómetro electrónico*” el cual consistió en un maletín portátil destinado para ser usado por padres de niños que sufren de asma u otras enfermedades respiratorias con el fin de optimizar las condiciones para el tratamiento de dichas enfermedades (Figura 6).



**Figura 6: Prototipo preliminar “Ginko”**

**Fuente:** Fotografías tomadas en la premiación del concurso IDEAR del CTA. [Enero de 2008]

---

<sup>4</sup> La Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia —CTA— es una institución mixta que ha venido incentivando en la comunidad académica la generación de conocimiento a través del desarrollo de nuevas tecnologías en el sector biomédico.

El *nebulizador* desarrollado toma aire del exterior y lo empuja a una determinada presión a través de una manguera plástica hacia una ampolla plástica, que posee el medicamento apropiadamente diluido en suero fisiológico. El trabajo de esta ampolla es lograr, a través del flujo de aire, una pulverización del medicamento impulsándolo hacia la tapa superior de la ampolla lo que provoca un fenómeno llamado *Cavitación*, que es el que genera la niebla que el paciente aspira.<sup>5</sup>

El *medidor de flujo espiratorio máximo*<sup>6</sup> es un aparato que mide el funcionamiento de los pulmones de una persona. Esto se hace soplando dentro del aparato para medir qué cantidad de aire se ha espirado. Es un dispositivo tanto de diagnóstico como de tratamiento. Por ejemplo, si una persona con asma no puede expulsar la misma cantidad de aire que cuando está aliviada, puede ser signo de que se está acercando una crisis asmática. Una de las ventajas de este equipo es que con él se puede conocer el grado de avance de la obstrucción respiratoria y proceder según su resultado.

Para el desarrollo del equipo, el grupo de estudiantes solicitaron asesoría a la autora de la presente propuesta en temas concernientes al diseño y desarrollo del producto y a la construcción a escala real del prototipo.

Dicho prototipo actúa como un primer desarrollo preliminar de estudio para el presente proyecto ya que en el transcurso de su diseño y pruebas se le han identificado funciones y elementos que no son adecuadas según las necesidades del paciente, tanto a nivel funcional como formal.

---

<sup>5</sup> Karen P. Ramírez S. [Comunicación personal, Noviembre 28 de 2007] Estudiante de la UdeA y ejecutora del proyecto preliminar Ginko, Medellín.

<sup>6</sup> De aquí en adelante también llamado Medidor de FEM ó MFEM.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar y construir un nebulizador portátil con medidor de flujo espiratorio máximo electrónico para prevenir y tratar episodios de crisis asmática en niños.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Definir un referente formal a partir de la elaboración del alfabeto visual que integre al usuario y su estilo de vida.
2. Identificar características formales y de funcionamiento para definir las especificaciones principales del producto a partir de la elaboración de entrevistas en profundidad a madres de niños asmáticos y médicos especializados en enfermedades respiratorias.
3. Identificar problemas que deben ser solucionados a partir de la realización de pruebas de usuario.
4. Utilizar las herramientas de diseño aprendidas a lo largo de la carrera para desarrollar un concepto final de producto.
5. Diseñar y construir un modelo funcional de un nebulizador portátil con medidor de flujo espiratorio máximo electrónico incluyendo las mejoras tanto a nivel formal como funcional.

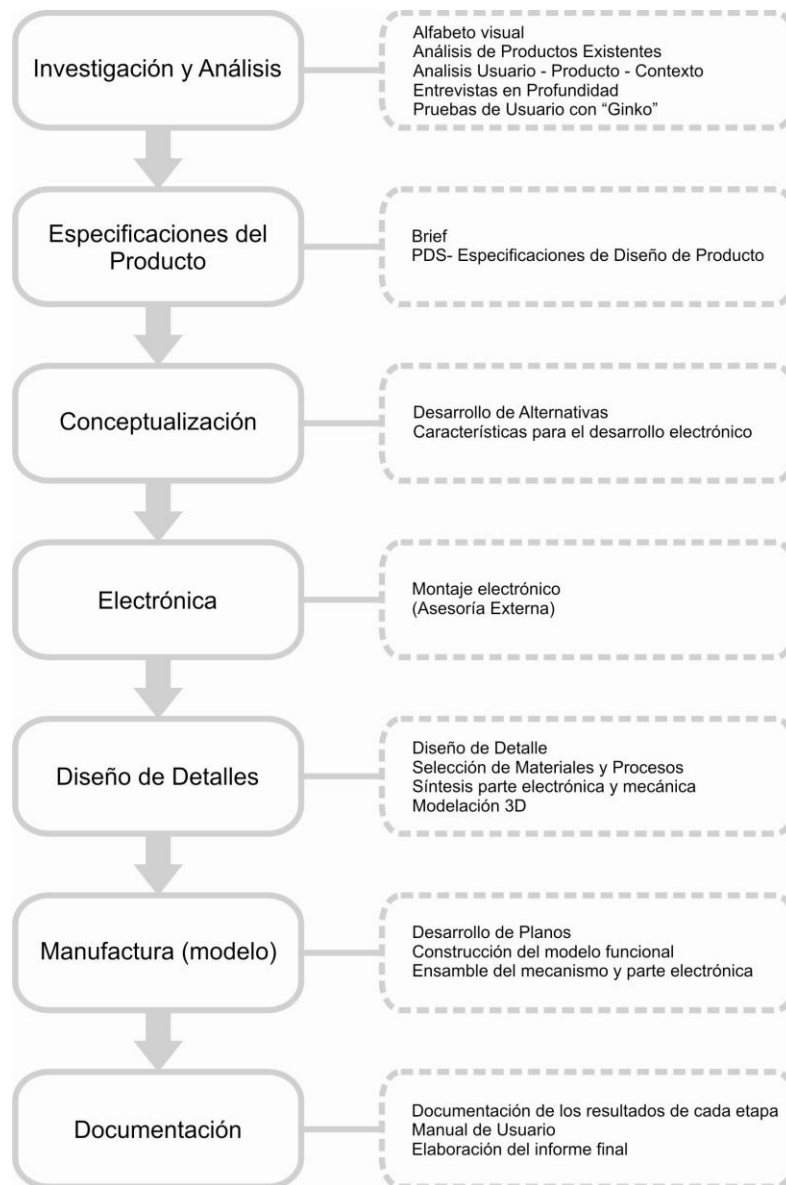
## 4 ALCANCE Y PRODUCTOS

Se considera dentro del alcance de este proyecto la elaboración de:

- Entrevistas en profundidad con referencia al primer prototipo preliminar construido “Ginko”
- Pruebas de usuario con referencia al primer prototipo preliminar construido “Ginko”
- Modelaciones 3D
- Planos de Ingeniería
- Manual de usuario
- Modelo formal y funcional en escala 1:1

## 5 METODOLOGÍA

La metodología del proyecto pretende establecer procesos, métodos y técnicas que permiten el logro de los objetivos. La metodología usada para el desarrollo del proyecto es la siguiente:



**Figura 7: Metodología usada para el desarrollo del proyecto**

Fuente: Adaptación. <sup>[11]</sup><sup>[12]</sup>

## 6 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

### 6.1 ANÁLISIS DE PRODUCTOS EXISTENTES

Actualmente es posible encontrar en el mercado internacional gran variedad de medidores de FEM y nebulizadores, con la diferencia que siempre son adquiridos por separado ya que no existe ningún producto hasta el momento que los integre. El primero se diferencia ya que existen de todo tipo, desde medidores de bolsillo mecánicos a precios muy accesibles hasta otros electrónicos más tecnológicos (Cuadro 1). En los nebulizadores también es posible encontrar diferentes tipos como lo son los de compresor y los ultrasónicos, diferenciándose en su precio y en el tamaño de las partículas emitidas (Cuadro 2). El siguiente análisis de productos existentes permite estudiar el estado de arte, sus competencias, funciones, características y precios que se ofrecen.

**Cuadro 1: Análisis de Medidores de Flujo Espiratorio Máximo en el mercado**

REFERENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<b>Kidz-Med Whistle Watch</b> Medidor mecánico de FEM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor especial para niños (de bolsillo)</li> <li>• Emite un sonido apropiado para niños cuando el FEM* es apropiado</li> <li>• Rango de 130-340 litros/minuto</li> <li>• Exactitud de +/- 10%</li> <li>• Vida útil de 6 meses</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$23,50  <b>Fuente:</b> <a href="http://www.kidzmed.com/p-4-whistle-watch.aspx">http://www.kidzmed.com/p-4-whistle-watch.aspx</a>                      [Consultado Febrero 20 de 2008]</p>
<b>Peak Flow Meter asmaPLAN™</b> Medidor mecánico de FEM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos presentaciones, sencillo y con marcador deslizable para personalizarlo según cada caso</li> <li>• Boquillas intercambiables</li> <li>• Rango de 50-800 litros/minuto</li> <li>• Exactitud de +/- 10%</li> <li>• Intervalos de 10 (abajo) y 20 (arriba) litros/minuto</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$19,99  <b>Fuente:</b> <a href="http://www.vitalograph.co.uk/products/peak_flow_meters.php">http://www.vitalograph.co.uk/products/peak_flow_meters.php</a>                      [Consultado Febrero 20 de 2008]</p>

<p><b>Mini-Wright CC004</b> Medidor electrónico de FEM</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble uso: Medición de FEM* y FEV1**</li> <li>• Funciona con una pila tipo moneda de 3V no recargable</li> <li>• Rango de 60-850 litros/minuto (para el FEM*)</li> <li>• Resolución de 5 litros/minuto</li> <li>• Memoria para 240 mediciones</li> <li>• Vida útil de 2 años</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$99,99 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.clementclarke.com/products/peak_flow/mini-wright-digital/index.html">http://www.clementclarke.com/products/peak_flow/mini-wright-digital/index.html</a> [Consultado Marzo 8 de 2008]</p>
<p><b>PIKO-1 ELECTRÓNICO</b> Medidor electrónico de FEM</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble uso: Medición de FEM y FEV1**</li> <li>• Rango de 15-999 litros/minuto (para el FEM*)</li> <li>• Resolución de 1 litro/minuto</li> <li>• Exactitud de +/- 5%</li> <li>• Memoria de 96 mediciones</li> <li>• Emite 4 diferentes sonidos para alertas y notificaciones</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$49,99 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.nspirehealth.com/default.asp?LINKNAME=PIKO-1_MONITOR">http://www.nspirehealth.com/default.asp?LINKNAME=PIKO-1_MONITOR</a> [Consultado Marzo 30 de 2008]</p>

**Fuente:** Elaboración propia

\* Flujo Espiratorio Máximo

\*\* Volumen Espiratorio Forzado En El Primer Segundo

## Cuadro 2: Análisis de Nebulizadores en el mercado

REFERENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<p><b>ASPEN NA-180</b> Nebulizador de compresor</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de 10ml por nebulización</li> <li>• Tasa de nebulización de 0,7 ml/min</li> <li>• Carece de microprocesadores o componentes electrónicos</li> <li>• Ampolla nebulizadora neumática</li> <li>• Alimentado con corriente alterna</li> <li>• Posee compartimiento de almacenamiento de cables</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$90 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.aspensalud.com.ar/">http://www.aspensalud.com.ar/</a> [Consultado Marzo 28 de 2008]</p>
<p><b>CompAir (NE- C28-E) OMRON</b> Nebulizador de compresor</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden encontrar 3 diferentes presentaciones: CompAir, CompAir Pro y CompAir Elite</li> <li>• Capacidad de 7ml por nebulización</li> <li>• Puede ser usado con boquilla o mascara</li> <li>• Trae consigo maleta para su transporte</li> <li>• Los filtros del aire son intercambiables</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$120 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.omron-healthcare.com/sitepreview.php?SiteID=480">http://www.omron-healthcare.com/sitepreview.php?SiteID=480</a> [Consultado Marzo 28 de 2008]</p>

<p><b>Kidz-Med Ultrasonic Nebulizer</b> Nebulizador Ultrasonico</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nebulización nasal y oral</li> <li>• El tiempo de nebulización puede durar entre 13 y 26 minutos</li> <li>• Ambos tipos de mascarar, adultos y niños</li> <li>• Batería recargable y adaptador al carro</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$100 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.kidzmed.com/showproduct.aspx?ProductID=14&amp;SEName=ultrasonic-nebulizer">http://www.kidzmed.com/showproduct.aspx?ProductID=14&amp;SEName=ultrasonic-nebulizer</a> [Consultado Abril 1 de 2008]</p>
<p><b>ASPEN NU-326</b> Nebulizador Ultrasonico</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atractivo y divertido especialmente para niños</li> <li>• Tamaño de las partículas emitidas de 1 a 7 µm</li> <li>• Tasa de nebulización de 0,85 ml/min</li> <li>• Sin cámara de agua ni membranas para evitar roturas y filtraciones</li> <li>• Alimentado con corriente alterna</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$90 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.aspensalud.com.ar/">http://www.aspensalud.com.ar/</a> [Consultado Abril 1 de 2008]</p>
<p><b>OMRON NE-U17</b> Nebulizador Ultrasonico</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida variable de mas de 4 ml/min</li> <li>• Para uso clínico por lo que puede funcionar 72 horas continuas</li> <li>• Panel de control electrónico con temporizador y ajustes</li> <li>• Ofrece salidas de control avanzadas</li> <li>• Trae consigo diversas opciones de accesorios</li> </ul> <p><b>PRECIO:</b> US\$625 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.omron-healthcare.com/sitepreview.php?SiteID=260">http://www.omron-healthcare.com/sitepreview.php?SiteID=260</a> [Consultado Abril 1 de 2008]</p>

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de los anteriores, el nebulizador Ginko busca fusionar las dos funciones en un solo producto y poder así monitorear y abordar la enfermedad al mismo tiempo, quiere esto decir que gracias al medidor de FEM electrónico se puede verificar el estado de la capacidad pulmonar del niño y según los resultados arrojados por dicho utensilio proceder a nebulizar (Figura 8).

Ginko nace a partir de un estudio desarrollado por un grupo de estudiantes de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia, (ver capítulo 2 del presente documento). Partiendo del primer modelo de Ginko se evidenció la necesidad de desarrollar un producto mejorado y adaptado a las necesidades del usuario, por tanto, más competitivo que los productos existentes en el mercado.



**Figura 8: Componentes y partes de Ginko**

**Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 8 se puede apreciar por medio de fotos tomadas al prototipo funcional los componentes y partes del equipo que notablemente lo diferencian de los existentes al ser un producto que es dirigido especialmente a niños lo cual no es común encontrar en el mercado. Ginko I ofrece otro tipo de beneficios para el paciente como la posibilidad de realizar las nebulizaciones con aire caliente y un apagado automático del equipo pero hay algunas de estas funciones extras que deben ser replanteadas ya que no funcionan correctamente y no responden a las necesidades del usuario. En el cuadro 3 encontrado a continuación se explica y analizan uno por uno dichos componentes.

**Cuadro 3: Análisis de los componentes y partes de Ginko**

#	DESCRIPCIÓN
1	<b>Conexiones para la entrada y salida del aire.</b> De los pequeños tubos que sobresalen debe conectarse la manguera según se requiera, entrada de aire para la medición del flujo espiratorio o salida de aire para la nebulización.
2	<b>Medidor del flujo espiratorio máximo.</b> Para esto debe conectarse la manguera en la entrada de aire y soplar por medio de ella. El resultado se puede visualizar en la pantalla ubicada en el panel. Según el número arrojado y las recomendaciones del médico tratante según el paciente se sabe cuál será el paso a seguir, que en muchos casos es la nebulización.
3	<b>Nebulizador.</b> Se conecta la manguera con la máscara y el medicamento requerido en la salida de aire. Se debe esperar el tiempo que sea sugerido por el médico.
4	<b>Conexiones de energía.</b> Ginko brinda 2 posibilidades de conexión a energía que no los ofrece ningún otro nebulizador. Se puede conectar en la casa (110V) o en el carro (12V), basta con conectar el cable requerido para dicho fin.
5	<b>Conexión al carro (12V).</b> Por medio de un enchufe de carro que va al encendedor de cigarrillos presente en la mayoría de los carros se puede hacer funcionar el producto. También puede usarse a baterías que presenten dicho voltaje.
6	<b>Conexión en la casa (120V).</b> Esta es la conexión más común entre los nebulizadores y más usada. Va a cualquier toma dependiendo de donde se encuentre la persona que requiera la nebulización.
7	<b>Ventilación.</b> Por medio de los agujeros presentes en la parte de atrás del producto el motocompresor ubicado en la parte de adentro toma el aire necesario del medio ambiente para hacer su proceso normal en la nebulización.
8	<b>Aire frío y caliente.</b> El nebulizador posee un innovador sistema que permite elegir la temperatura del aire con el cual se hará la nebulización ya sea frío o caliente. El aire frío se refiere al aire a la temperatura ambiente y el aire caliente es el obtenido al pasar este aire por medio de una resistencia interna que le aumenta su temperatura, esto con el fin de evitar broncoespasmos.
9	<b>Panel de control.</b> En el panel de control se encuentran los principales elementos para monitorear el producto, entre ellos se encuentran los switches y pantallas que permiten activar las funciones ofrecidas por el producto con el primero y observar los datos con el segundo.
10	<b>Compartimiento de almacenamiento.</b> Se refiere a una sección del producto destinada al almacenamiento de los cables, la manguera y la máscara para su transporte.
11	<b>Tapa.</b> Parte superior que se encarga de proteger los switches y pantallas del panel de control y mantener almacenados los productos que se encuentran en el compartimiento para dicho fin.
12	<b>Ginko.</b> Presentación formal y funcional del producto.

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 ANÁLISIS USUARIO – PRODUCTO – CONTEXTO

El contexto en el cual se desenvuelven los usuarios con el producto puede apreciarse mejor en la sesión de pruebas de usuario de este documento. Allí se puede observar como es la interacción del usuario en el hogar que es el lugar donde se operaría el equipo con más frecuencia.

Es importante resaltar que existen 3 diferentes tipos de usuarios del producto, uno de ellos principal y dos secundarios, como se puede ver a continuación:

### 6.2.1 NIÑO ASMÁTICO

Los usuarios principales del producto son niños entre 1 y 10 años de edad que han sido diagnosticados con padecimiento de asma y que requieren para ello de un adecuado control y tratamiento y de determinado comportamiento, evitando situaciones que pueden desencadenarles crisis asmáticas tales como llorar, reír, gritar entre otras, típicas de su edad (Figura 9).



**Figura 9: Visualización del Usuario en dos facetas**

Fuente: <http://www.deviantart.com>, <http://www.corbis.com>, <http://www.gettyimages.com>  
[Consulta Febrero y Marzo de 2008]

Si bien son usuarios principales y es para quien fue pensado el equipo, no son quienes lo manipulan ya que por su corta edad no están en capacidad para ello y necesitan de constante supervisión y acompañamiento por parte de un adulto responsable, quiere esto decir que desempeñan un papel pasivo en cuanto al manejo del producto pero sus funciones lo favorecen a él directamente.

En la literatura se encuentra que en la infancia la relación varones/mujeres con síntomas de asma es de 2:1 y que más del 50% de los casos de asma aparecen antes de los 10 años. <sup>[13]</sup>

Un niño con asma no puede desarrollar una vida normal comparada con la de un niño sano ya que existen múltiples características que desencadenan los síntomas relacionados con el ejercicio, el aire libre, y el ocio, ocasionando un impacto importante en su calidad de vida, ya que por su condición de niños la actividad física forma parte de su día a día y de sus relaciones sociales. En cuanto a las actividades en las que los niños mas frecuentemente se sienten limitados por el asma se destacan correr con un 65'6 %, la gimnasia con un 53'1 % y jugar en el recreo con un 32'8 %.<sup>[13]</sup>

Según esto, la educación al paciente es fundamental y ha sido definida como “una experiencia de aprendizaje planificado usando una combinación de métodos tales como enseñanza, asesoramiento y técnicas de modificación de conducta, los cuales influyen el conocimiento de los pacientes y la conducta de salud, envolviéndolos en un proceso interactivo en el cual el paciente participa activamente en el cuidado de su propia salud”<sup>[14]</sup>, todo esto con el fin de que el niño aprenda a identificar todos aquellos agentes de los que debe cuidarse para evitar posibles crisis asmáticas.

## 6.2.2 MADRE Y PADRE DE NIÑO ASMÁTICO

La madre y el padre del niño asmático o bien sea cualquier miembro de su familia mayor de edad se convierten en usuarios secundarios del producto pero con papel activo ya que son quienes se encargan de la manipulación como tal del producto, queriendo esto decir que son quienes accionan y operan tanto el panel de control como los accesorios del equipo medico (Figura 10).



**Figura 10: Papel de los padres en el tratamiento de la enfermedad**

Fuente: <http://pro.corbis.com/> [Consulta Marzo 30 de 2008]

Los padres pueden reducir considerablemente la frecuencia y la gravedad de los ataques asmáticos asegurándose que los niños usen los medicamentos como fueron indicados por el médico.

En cuanto a las características de los padres, los padres trabajan fuera de casa en un 90% de los casos, un porcentaje algo mayor respecto a las madres (71%)<sup>[13]</sup>. Debido a estas características propias del nuevo milenio, no siempre los niños pueden contar con sus padres para las terapias por lo que muchas veces quedan a cargo otro tipo de familiar o de la persona encargada de su cuidado.

## 6.2.3 ENFERMERAS Y MÉDICOS

El personal medico en general, ya sea enfermeras, médicos generales, pediatras entre otros, se convierten también en usuarios secundarios con papel activo en la manipulación del producto del mismo tipo de los padres (Figura 11). Esto se presenta ya sea porque en algunos hospitales se maneja este tipo de productos o

porque son integrantes de los planes de oxígeno domiciliario que poseen muchas entidades donde visitan al paciente y son ellos mismos quienes ayudan al desarrollo de las terapias.



**Figura 11: Enfermeras y doctores como usuarios pasivos del producto**

Fuente: <http://pro.corbis.com/> [Consulta Marzo 30 de 2008]

### **6.3 ENTREVISTAS EN PROFUNDIDAD**

Las investigaciones de mercado son una rama de la mercadotecnia. Se trata de esa parte que se encarga de analizar el entorno externo de los consumidores, encargándose de la planeación, recopilación y análisis de datos necesarios para la toma de decisiones y su comunicación. Para este objetivo, los investigadores suelen dirigir sus estudios en investigaciones cuantitativas<sup>7</sup> y cualitativas<sup>8</sup>. De esta última surgen las entrevistas en profundidad conocidas como entrevistas personales para efectuar sondeos y obtener respuestas detalladas a cada pregunta.

Para la evaluación del producto preliminar se hizo uso de dicha herramienta para que fueran las mismas personas relacionadas con el producto quienes evaluaran y

---

<sup>7</sup> Estudios que utilizan el análisis numérico.

<sup>8</sup> Datos de investigación que no están sometidos a cuantificación o análisis cuantitativo.

aportaran en la mejora de este mismo. La moderadora de dichas entrevistas fue la autora del presente trabajo y para tal fin se diseñó una guía donde se separan los temas en los cuales se quiere profundizar y obtener así el máximo de información (Ver Anexo A: Guía para las Entrevistas en Profundidad). En esta guía se presentan unas preguntas guías bajo las cuales se puede basar la moderadora sin ser estrictamente el orden y el contenido allí especificado. Las áreas a tratar se dividen en:

- **OPINIÓN GENERAL:** Opiniones del entrevistado acerca del prototipo y del uso de este tipo de productos en pacientes asmáticos.
- **FORMALIZACIÓN:** Comentarios y acotaciones en cuanto a la forma, el diseño y la comunicación visual del producto.
- **FUNCIÓN:** Evaluación del producto desde su parte funcional resaltando ventajas y desventajas observadas y sugerencias de otras funciones para adicionar.
- **EMOCIÓN:** Argumentos y experiencias que apunten al cambio de actitud en el niño de forma positiva por medio del producto.
- **OTROS:** Asuntos tratados durante la entrevista que no apuntan a algún tema específico presentado pero que pueden aportar al desarrollo del proyecto.

Para dicho fin se realizaron en total 5 entrevistas en profundidad divididas de la siguiente manera:

- Padre y madre de familia con antecedentes asmáticos en sus hijos. Sus aportes son desde el papel de los padres en la afrontación por parte del niño de su enfermedad. Entrevista N° 1 y 2. (Cuadro 4)
- Paciente mayor que en su infancia sufrió de asma y sus problemas en el desarrollo de su niñez. Su aporte se hace desde la posición y la apreciación del niño de los factores externos e internos del padecimiento de dicha enfermedad. Entrevista N° 3. (Cuadro 5)

- Enfermera profesional involucrada en hospitales de niveles de atención 1 y 2. Su aporte es desde la sensibilización antes los problemas en las poblaciones menos favorecidas y la contribución del producto para la mejora de su calidad de vida. Entrevista N° 4. (Cuadro 6)
- Medico general con experiencia en enfermedades respiratorias según su experiencia laboral. Sus aportes se hacen desde el entendimiento técnico del producto y las implicaciones en la salud de cada una de sus partes. Entrevista N° 5. (Cuadro 7)

A continuación se presentan los cuadros-síntesis de las entrevistas en profundidad donde se exaltan los aportes más importantes de cada entrevistado en los diferentes temas tratados. Las entrevistas completas pueden encontrarse en los siguientes anexos:

- Anexo B: Entrevista en Profundidad N° 1 y 2 – Padres de Familia
- Anexo C: Entrevista en Profundidad N° 3 – Paciente Asmático
- Anexo D: Entrevista en Profundidad N° 4 – Enfermera Profesional
- Anexo E: Entrevista en Profundidad N° 5 – Medico General

**Cuadro 4: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 1 y 2 – Padres de Familia**

<b>ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD N° 1 y 2 PADRES DE FAMILIA</b>	
<b>NOMBRE:</b> Gloria Inés Ramírez Molina (GI)	<b>NOMBRE:</b> Luis Guillermo Velásquez Lema (LG)
<b>OCUPACIÓN:</b> Ama de casa	<b>OCUPACIÓN:</b> Jubilado
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<p>"Soy la mama de Sebastián Velásquez, en la actualidad tiene 24 años pero desde los 8 meses es un niño asmático" (GI)</p> <p>"El problema del asma ha sido para nosotros muy difícil, no tanto para nosotros como para él" (GI)</p> <p>"Las crisis de Sebastián fueron muy continuas sobretodo en las horas de la noche, el se angustiaba mucho" (GI)</p> <p>"La labor mía mas que todo con Sebastián era de acompañamiento en cuanto a su problema con el asma, de tranquilizarlo, de apoyo" (LG)</p> <p>"yo le decía que empezábamos a viajar y que el era el piloto y yo el copiloto" (LG)</p>	
<b>OPINIÓN GENERAL</b>	
<p>"la vida nos cambio mucho cuando ya teníamos el uso del nebulizador en la casa" (GI)</p> <p>"teníamos un familiar en los Estado Unidos y mandamos con la formula porque no lo dejaban traer sin formula, no lo trajeron y eso fue una bendición de Dios de manejar la crisis en la casa" (LG)</p> <p>"pero el mismo ambiente y el mismo aparato producen pánico, no alivio sino pánico" (LG)</p> <p>"Es una clínica en la casa y menos estresante de ese ambiente de clínica y de enfermeras" (LG)</p>	
<b>FORMALIZACIÓN</b>	
<p>"Yo estaba viendo ahorita el peso no se si de pronto dentro de los materiales que se utilizan se puede mejorar el peso en cuanto al transporte" (LG)</p> <p>"Que los colores más llamativos, que no impacten tanto como a clínica, no como los anteriores que eran todos cuadrados y grises" (LG)</p> <p>"La careta ya es cuestión de modernismo en cuanto a la fabricación para que vengan en distintos diseños para que sea por ejemplo un osito, un elefántico... que se yo... que no sea tan impactante" (LG)</p> <p>"Algo que les llame la atención a los niños para que no sea tan clínico" (GI)</p>	
<b>FUNCIÓN</b>	
<p>"que pudiera tener pilas o baterías internas" (LG)</p> <p>"Pero este es muy moderno, este tiene flujómetro... el de nosotros no tenia flujómetro... para de una vez hacer el seguimiento..." (GI)</p>	
<b>EMOCIÓN</b>	
<p>"Pero en realidad el manejo de un niño con asma es muy triste que la paleta le hace daño, que el cono, que la hamburguesa, que la lluvia, que entrara a lugares fríos, a lugares cerrados" (LG)</p> <p>"entonces uno tiene que hacerle el ambiente al muchachito, inventarle cuentos, ubicarlo como en otra etapa o en otra situación" (GI)</p> <p>"cuando empezaba con eso le decíamos que teníamos que irnos porque estaba como el pececito que se salía de la pecera y no encontraba el aire" (GI)</p> <p>"A el se le montaban cuentos... lo que mas le gustaban a el eran las historias y el porque del aparato" (GI)</p>	
<b>OTROS</b>	
<p>"Un diseño que vaya mas a lo que manejan los niños, casi todos que son a es tema como espacial o como mas aerodinámico. Que no piensen tanto en que los van a conectar" (LG)</p> <p>"El se imaginaba que así era llegar a la luna con su mascarita... es que a los niños hay que convencerlos... yo creo que como terapia para un niño en ese estado es como crearle un ambiente diferente al que esta" (GI)</p>	

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 5: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 3 – Paciente Asmático**

<b>ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD N° 3 PACIENTE ASMÁTICO</b>
<p><b>NOMBRE:</b> Sebastián Velásquez Ramírez  <b>OCUPACIÓN:</b> Estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas</p>
<b>INTRODUCCIÓN</b>
<p>"con el asma he tenido una experiencia bastante larga, desde los ocho meses sufro de ella"  "todas las noches tenia que ir a nebulizarme"  "los momentos mas malucos es que tu no puedes hacer tu niñez como una niñez normal, no te puedes agitar, no puedes correr, no puedes hacer deporte, no te puedes hasta reír porque eso inmediatamente te reacciona en los</p>
<b>OPINIÓN GENERAL</b>
<p>"Yo tuve la oportunidad que alguien en Estados Unidos a mi me mando un nebulizador y eso me controlo eso mucho las idas a la clínica"  "viéndolo ya por el lado mas funcional, esto es una gran ayuda para los papas"</p>
<b>FORMALIZACIÓN</b>
<p>"veamos los colores, vemos que los colores son totalmente diferentes, no hay azules, no hay blancos, los típicos colores de una clínica"  "hay que conservar el tema, ósea darle un tema al aparato"  "quería hablar de esto de la tapa suelta, lo que veo es que es muy incomodo estar sacando esto porque esta muy suelto"  "crear compartimientos que es bueno que esos compartimientos estén completamente separados que yo tenga esta parte que es esterilizada un lado y esta parte que es eléctrica aparte"</p>
<b>FUNCIÓN</b>
<p>"La parte del flujómetro me parece excelente porque la verdad no lo conozco"  "mientras mas puro sea el aire que esto haga que salga mas puro le va a entrar a los pulmones al niño"  "... Me parece por ejemplo muy útil las herramientas que esto trae, por ejemplo la conexión al carro... "  "la manguera no es desechable, esto lo puedes volver a usar entonces esto hay que esterilizarlo, lo mismo con la mascarilla"  "La manguera no se puede enrollar así, porque es una manguera que tiene que tener la fluidez total para que el aire pase"</p>
<b>EMOCIÓN</b>
<p>"me acuerdo muy chiquitico que mi mama se inventaba cuentos, y se inventaba uno diferente todos los días"  "mi papa me decía que yo era un astronauta, que esa era la mascarita del astronauta, que lo que estaba respirando era el oxigeno del astronauta porque en el espacio no hay aire"  "la etapa mas dura fue entre los 6 y los 12 años en la cual yo tenia que compartir las crisis asmáticas con el  "esta enfermedad me hizo apegarme mucho a mis papas"  "encontrar como algo que el niño se divierta, algo que el niño busque, algo que el niño se le olvide que esta nebulizándose que puede ser un juguete, puede ser una cartilla, puede ser que el papa le lea un cuento"</p>
<b>OTROS</b>
<p>"Una cosa clara es que una clínica enferma, y más en un niño"  "crearle un ambiente al niño"</p>

**Fuente:** Elaboración Propia

**Cuadro 6: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 4 – Enfermera Profesional**

<b>ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD N° 4 ENFERMERA PROFESIONAL</b>
<p><b>NOMBRE:</b> Irene Correa <b>OCUPACIÓN:</b> Enfermera Profesional UdeA</p>
<b>INTRODUCCIÓN</b>
<p>"Inicialmente trabaje los primeros 8 años en la unidad de cuidados intensivos de la Clínica del Rosario y hasta la fecha con MetroSalud en la unidad hospitalaria de Buenos Aires, Manrique y San Cristóbal"</p> <p>"mientras fui auxiliar de enfermería si maneje muchísimos pacientes con crisis asmática, empezando pues porque trabaje en una zona donde hay una población muy susceptible a las enfermedades respiratorias por asilamiento, por pobreza, por desnutrición, por el sector en el que viven, por las condiciones en las que viven..."</p> <p>"en todo un día o una noche de trabajo había que contar con que iba a llegar un paciente asmático y no era uno solo, eran muchos, muchos que no había capacidad"</p> <p>"Los niños generalmente todos no les gustaban las nebulizaciones, generalmente todos lloraban y se volvían muy irritables"</p>
<b>OPINIÓN GENERAL</b>
<p>"hay muchos pacientes que ya no le tienen fe a las inhalaciones, y ellos quieren las nebulizaciones"</p> <p>"para salir de la crisis con inhalaciones debe tener un promedio como de 6 horas en cambio hay pacientes que con las 3 primeras nebulizaciones hay mismo se mejoran"</p> <p>"el solo hecho de tener esto en la casa comienza a familiarizar al niño que es de él "</p> <p>"Yo pienso que de todas formas el que el niño pueda tener esto en su casa es de gran ayuda, y que de todas formas no es lo mismo el ambiente familiar y de la casa que el ambiente hospitalario, el mismo ambiente hospitalario causa estrés"</p>
<b>FORMALIZACIÓN</b>
<p>"el diseño me parece bonito, me parece cómodo..."</p> <p>"el que tenga muñequitos también me parece que llama la atención, los niños son muy fantasiosos y eso les encanta"</p>
<b>FUNCIÓN</b>
<p>"la idea del aire caliente si me parece entonces muy buena"</p> <p>"que pueda programarse también los tiempos de descanso"</p> <p>"entonces yo te lo sugiero es a nivel hospitalario (medición de la saturación de oxígeno)"</p> <p>"que no haga mucho ruido"</p> <p>"con una batería interna me parecería maravilloso que se pueda cargar porque es que si se va la luz"</p>
<b>EMOCIÓN</b>
<p>"Dentro de esos niños pienso yo que hay un componente psicológico horroroso ... factores que les desencadenaban mas las crisis asmáticas como por ejemplo el abandono del papa, la mama los dejo 8 días porque trabajaban"</p> <p>"Es ansiedad, es miedo a la muerte, es miedo a morir ahogados porque es que ellos llegan con los ojos abiertos del miedo, como en una expectativa como del miedo de morir ahogados..."</p> <p>"el síndrome de la bata blanca, a ellos les da miedo de la bata blanca y de las enfermeras"</p> <p>"Ellos le cogen pavor, pavor a uno... y también al contrario si uno es querido con ellos, le cogen un amor... eso lo persiguen a uno y son pegados"</p> <p>"ellos no inventan para llamar la atención"</p>
<b>OTROS</b>
<p>"los niños con menos recursos son los que mas consultan por crisis asmáticas"</p> <p>"le cuento que tengo pacientes asmáticos que generalmente terminan oxígeno-dependientes"</p> <p>"la gente a veces en las crisis se exagera con el medicamento"</p> <p>"ya no hay necesidad entonces de esterilizarlo... hay una política de no rehúso" (mascara y manguera)</p> <p>"consiste en atender al niño de manera integral"</p> <p>"Si, hay mucho componente psicológico, demasiado"</p> <p>"me parecería maravillosa es que las EPSs se los facilitaran a sus pacientes como por un tiempo"</p> <p>"óigame y esto me parece buenísimo para esa gente que vive lejos"</p>

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 7: Síntesis Entrevista en Profundidad N° 5 – Medico General**

<b>ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD # 5 MEDICO GENERAL</b>
<p><b>NOMBRE:</b> Mauricio Augusto Sánchez Gómez  <b>OCUPACIÓN:</b> Medico general especialista en valoración de daño corporal</p>
<b>INTRODUCCIÓN</b>
<p>"trabajo actualmente con Suramericana Medicina Propagada pero mi experiencia ha sido 3 años en Uraba y 2 años y medio en una clínica de tercer nivel de atención donde las patologías más comunes que nosotros veíamos eran pulmonares sobretodo asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica"</p> <p>"son pacientes que se les deteriora mucho su calidad de vida, terminan complicados y desafortunadamente muchos terminan muertos"</p>
<b>OPINIÓN GENERAL</b>
<p>"el objetivo de esto es concentrar el oxígeno, comprimirlo y hacer que el líquido donde el medicamento se está disolviendo salga a manera de vapor para que entre a la vía aérea tanto superior como a las vías aéreas distales para que el bronquio se pueda dilatar"</p> <p>"Hay equipos que se pueden utilizar domésticamente para la medición del flujo pico para determinar cuando un niño puede hacer una crisis de asma o cuando la va a hacer"</p> <p>"hacen la medición del flujo pico, y ven que está disminuyendo un porcentaje que generalmente es de un 10 a un 20% del que venía normal es porque va a venir una crisis entonces se puede iniciar un tratamiento mucho más rápido y evitar que termine hospitalizado"</p> <p>"que sea un producto liviano, compacto, muy fácil de manejar, y que uno debe pensar en la alimentación de energía que eso debe tener"</p> <p>"hay un punto fundamental para el tratamiento que es el oxígeno solo, y si se le puede suministrar mientras llega a un centro asistencial, la sobrevivencia y la morbilidad del paciente mejora importantemente"</p>
<b>FORMALIZACIÓN</b>
<p>"si nosotros vamos a medir el flujo pico debemos diseñar un dispositivo más pequeño, menos largo"</p> <p>"como esto es un producto que va a ser para niños y que el logo es mi maletín de astronauta hacerlo como un maletín, entonces habría que bajarle el peso para que un niño lo pueda cargar, porque así el niño lo toma más como un juego, para que el niño le coja cariño"</p> <p>"El atractivo del color es bastante importante, el logo me gusta mucho, no se pero hay que pensar la forma de hacer los componentes mucho más pequeños, bajarle mucho el peso y 2 o 3 modificaciones pero el concepto está muy bien encaminado"</p>
<b>FUNCIÓN</b>
<p>"El aire caliente no es tan importante porque la misma vía aérea esa es su función"</p> <p>"En cambio el aire caliente haría que se edematizara la vía aérea superior, o sea se hinche"</p> <p>"el frío si genera broncoespasmo pero el mismo cuerpo lo calienta"</p> <p>"dentro del mismo kit podría venir el kit de nebulizaciones mas el kit de oxigenación que se coloca directamente con una cánula nasal"</p> <p>"Esto si se podría hacer diseñando un pequeño flujómetro que nos asegure que si haya de 1 a 8 litros por minuto"</p> <p>"se explico pues que lo mas importante es que se humidifique el aire"</p> <p>"Podría ser pre-programado por tiempo 10, 15, 20 o 30 minutos, simplemente que muestre y es para dar aviso de cuando hay que montar la otra nebulización"</p>
<b>OTROS</b>
<p>"el oxígeno es un medicamento, que se debe manejar como tal, inclusive puede haber intoxicación por oxígeno"</p> <p>"el fundamento y la idea está supremamente buena"</p> <p>"que sobresalga sobre los productos extranjeros que son de difícil consecución, sería muy fácil comercializarlo"</p>

**Fuente:** Elaboración propia

### **6.3.1 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS**

#### **VENTAJAS**

##### **FUNCIÓN**

- Posibilidad de monitoreo y tratamiento de las crisis asmáticas en un solo producto.
- Contabilización del tiempo de nebulización para saber cuando debe parar la nebulización.
- La medición del flujo espiratorio es de tipo electrónica lo que genera más confiabilidad en los datos arrojados.
- Filtro de aire interno que ayuda a eliminar impurezas de aire.
- Conexión en la casa y en el carro o baterías (110V y 12V).
- El aire tiene muy buena circulación tanto entrando como saliendo.

##### **FORMALIZACIÓN**

- Compartimiento para el almacenamiento de cables, mangueras y mascara.
- El color llamativo y la forma ayudan a desviar la atención del niño de su enfermedad.
- El logo llama la atención del niño.
- A pesar del peso el producto es fácil de manejar por los padres y es aceptado fácilmente por los niños.
- El panel de control es muy llamativo en sus colores y en su comunicación.

#### **DESVENTAJAS**

##### **FUNCIÓN**

- No se emite ningún tipo de señal que indique que ya es tiempo de parar la nebulización.

- No está adaptado para contabilizar el tiempo de descanso entre nebulización y nebulización.
- La resistencia no está bien aislada por lo que puede presentarse problemas en la carcasa.
- El ruido producido por el motor no permite el correcto funcionamiento del medidor de flujo espiratorio.
- No se entiende muy bien la función de salida y entrada de aire.
- La misma manguera de la nebulización es usada para la medición del flujo pico por lo que hay mucho espacio muerto al ser tan larga.
- Aunque a las personas en general les llama mucho la atención la posibilidad de nebulizar con aire frío y aire caliente, desde el punto de vista médico no es muy funcional ya que puede llegar a resecar y quemar las vías respiratorias.
- El producto no tiene un botón de encendido y apagado.
- No posee batería interna que se pueda cargar y usar en caso de no haber ni energía a 110V ni a 12V en carro o baterías externas.

## FORMALIZACIÓN

- No hay espacio para almacenar otras cosas como la solución salina, la jeringa y demás objetos usados siempre en las nebulizaciones.
- La máscara de GINKO no es para niños.
- La manguera se daña al almacenarla ya que el usuario la guarda de cualquier forma.
- La tapa no se fija por lo que no cumple muy bien su función.
- No hay un orden en el panel de control que ayude a la lógica del funcionamiento del producto.
- El producto como tal es muy pesado por lo que causa inconvenientes a la hora del desplazamiento con él en situaciones problemáticas con el niño debido principalmente al transformador para 12V.

- Falta mas evidencia del concepto de astronauta para desviar la atención del niño.
- Donde se especifica aire frio debería especificarse que es aire a temperatura ambiente para evitar confusiones del usuario.




#### **6.4 PRUEBAS DE USUARIO “GINKO”**

Las pruebas de usuario son experiencias que se crean con el producto vivenciadas por usuarios reales en un escenario experimental y controlado donde se les pide a las personas seguir ciertos pasos en la manipulación y ejecución del producto muy similares a como seria la interacción del usuario-producto-contexto en la vida cotidiana. Se pretende que el resultado de dichas pruebas sea información valiosa para el diseñador que permitan mejorar el producto existente o probado<sup>[15]</sup>. En el presente estudio se hicieron 3 pruebas de usuario con diferentes usuarios principales y secundarios, quiere esto decir, con pacientes niños y uno de sus padres. Para esto se dividió en 5 pasos los cuales fueron:

- Planeación de la prueba: Para este paso fue indispensable la creación de una guía donde se estableció los pasos a seguir en las pruebas y los principales aspectos que se querían observar, analizar y evaluar (Ver Anexo F: Guía para las Pruebas de Usuario).
- Material de prueba: En esta etapa se planeo los materiales necesarios que se debían tener presentes para la realización de la prueba tales como el prototipo preliminar, cámara fotográfica, jeringa, solución salina entre otros, como también el contexto en el que se desarrollarían las pruebas para la cual fue escogido una habitación de la casa.
- Prueba de usuario: En este paso se llevo a cabo la prueba donde se evidencio la interacción entre el usuario, el producto y el contexto en general. Allí se fotografió, se observó y se tomó nota de los principales contenidos a evaluar.


- Análisis de información: Para esta etapa se construyó un cuadro donde se recopiló junto con imágenes la información más importante extraída de las pruebas (Cuadro 8).
- Implicaciones: Para estas analizar las implicaciones se evaluó el cuadro y los resultados y se propusieron unas conclusiones que pueden verse al final de esta sesión.

**Cuadro 8: Seguimiento de las Pruebas de Usuario<sup>[9]</sup>**


1		<p>Para comenzar las pruebas de usuario se le presentó Ginko tanto al paciente como usuario del producto (niños) como a los padres de familia quienes son los usuarios encargados de la manipulación de este mismo. Se presento un interés tanto desde el paciente como desde los padres por ser un producto diferenciado de los existentes.</p>
2		<p>Lo primero que se hace es elegir la conexión que se requiere según el lugar donde se encuentren, ya sea la de 110V o 12V. El paciente siempre se ve atraído por los colores y las formas. Los padres de familia siempre manifiestan su agrado de la conexión al carro o a baterías para cuando no poseen energía eléctrica en las fincas o paseos.</p>
3		<p>El padre o la madre después de conectar el aparato pueden elegir que tipo de procedimiento desean realizar en el paciente, ya sea la medición del flujo espiratorio máximo o la nebulización. Todo este proceso debe ser realizado y supervisado única y exclusivamente por parte de los padres de familia, nunca por el niño.</p>

<sup>9</sup> Las fotos publicadas en esta sesión, han sido autorizadas su publicación por los padres de familia de los menores de edad.


---

4  La medición del flujo espiratorio máximo debe hacerse continuamente con el fin de estar monitoreando el paciente y así evitar crisis mucho antes de que estas sucedan. Para ello la madre le pidió a la niña soplar por medio de la boquilla para dicho fin y así medir su capacidad pulmonar del momento.


---

5  La lectura del resultado de la medición del flujo espiratorio máximo se realiza en la primera pantalla del panel de control. Según el dato arrojado y las especificaciones realizadas previamente por el doctor según el nivel del paciente se determina si es necesario o no la nebulización o cual es el paso a seguir que puede ser inhalaciones o visita al doctor.


---

6  Cuando se determina que el siguiente paso es la nebulización, el padre de familia va en búsqueda de los utensilios requeridos para la preparación de esta que en la mayoría de los casos son agua salina, jeringa con aguja y el broncodilatador usado por el paciente y recomendado por el medico de cabecera.


---

7  La jeringa con aguja es usada para la extracción del agua salina. La cantidad que debe usarse para una nebulización depende de los mililitros aconsejados por el medico que se miden por medio de la jeringa.

---

8  Obtenida la cantidad necesaria de agua salina, la madre procede a traspasar el liquido al recipiente del nebulizador desmontado de la mascara.

---

9  El paso a seguir es introducir la cantidad de gotas del broncodilatador previamente establecidas por el doctor. Esta cantidad varia dependiendo del nivel y el tipo de asma del paciente además de factores como su edad, peso y otras condiciones.

---

---

10



Antes de la nebulización el padre puede elegir el tipo de aire que desea usar para hacer la nebulización, ya sea aire frío (temperatura ambiente) o aire caliente. Este paso debe ser también bajo la recomendación del doctor según sea el estado del paciente.

---

11



Por ultimo se procedió a poner la mascara al niño bien ajustada para que se aproveche al máximo la inhalación. Esta deberá ser del tiempo determinado por el medico que en la mayoría de veces son de 10, 15, 20 o 30 minutos con descansos entre una y otra nebulización. La cantidad de estas mismas es dada igualmente por el medico.

---

12



Esta etapa debe ser plenamente acompañada por el padre o la madre para ayudar al niño a relajarse y a evitar quitarse la mascara. Debe hacerse en su propio ambiente ya sea en su cuarto o con sus juguetes para que le brinden un ambiente de comodidad que es precisamente lo que se desea obtener con este tipo de producto de tratamiento en el hogar.

---

**Fuente:** Elaboración propia

#### 6.4.1 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS

- El niño se siente atraído por los colores, las formas y el logo (muñeco) y preguntan porque es un maletín de astronauta. (No hay una explicación de ello).
- La madre no sabe que hacer con la tapa y los niños juegan con ella.
- La conexión al carro llama la atención por su innovación con respecto a los otros.
- El aire caliente llama la atención de los padres por ser innovador con respecto a los productos existentes. (Evaluación de este tipo de aire por parte profesional).
- La mamá se pierde en el manejo del panel de control. (No entienden muy bien cada uno de los botones o indicadores).

- Los padres hacen énfasis en la posibilidad y ventaja de tener los dos productos en uno solo.
- Los niños se asustan con el ruido producido por el motor en la nebulización.
- La mascara no es apropiada para niños por lo que se pierde una cantidad considerable de neblina.
- Los padres expresan la necesidad de guardar todos los implementos en el mismo compartimiento del equipo.
- Los niños buscan sus juguetes para distraerse mientras pasa el tiempo de nebulización.
- Es común que los padres olviden la hora exacta de la próxima nebulización.
- La manguera es almacenada sin ninguna precaución por lo que tiende a quebrarse en algunas partes.

## **6.5 PROCESO DE DISEÑO**

Para el proceso de diseño del nebulizador con medidor de FEM se hace uso de las herramientas presentadas por Mike Baxter<sup>[16]</sup> combinadas con técnicas aprendidas en el transcurso de la carrera<sup>[17]</sup>. Dicho proceso comienza con el análisis del estilo de vida del usuario realizado en la sesión 6.2 del presente documento. (Los boards pueden verse con más detalle en el Anexo G: Proceso de Diseño – Alfabeto Visual)

### **6.5.1 TEMA VISUAL**

El board de tema visual se realiza como un acercamiento al usuario analizándolo desde los productos que usa en su vida diaria; se pretende pues, por medio de imágenes de los productos que el niño usa tanto en su cotidianidad por su condición de niño, como los medicamentos y equipos para tratar su enfermedad (Figura 12).

En dichas imágenes o boards se puede evidenciar el contraste que existe entre los juguetes y productos que usan los niños para entretenerse como los que debe



La emoción principal escogida es la diversión (Figura 13). La diversión se define como alguna afición que distrae de las ocupaciones diarias la cual debe ser en beneficio del cuerpo y de la mente, que brinde la oportunidad de compartir y vivir experiencias que vayan de acuerdo con la manera de sentir y de pensar de cada persona.



**Figura 13: Diversión como emoción principal**

Fuente: <http://www.deviantart.com>, <http://www.corbis.com>, <http://www.gettyimages.com>  
[Consulta Febrero y Marzo de 2008]

Las emociones secundarias escogidas que pretenden ser sugeridas por medio del producto son las de *seguridad, tranquilidad, confianza y protección*, representadas en la *relación padres-hijo*. Tanto dichas emociones como la relación elegida se ven mejor representadas en el *mundo animal* (Figura 14).

Algunos animales comparten con los individuos emociones básicas, que en los humanos se van haciendo más complejas gracias al lenguaje, al hacer uso de símbolos, signos y significados.<sup>10</sup>



**Figura 14: Emociones secundarias extraídas desde el mundo animal**

Fuente: <http://www.deviantart.com>, <http://www.corbis.com>, <http://www.gettyimages.com>  
[Consulta Febrero y Marzo de 2008]

### 6.5.3 REFERENTE FORMAL

Para la elección del referente formal, se partió de los resultados obtenidos en las entrevistas en profundidad y del concepto manejado en el prototipo anterior “*Ginko, mi maletín de astronauta*” así como del concepto manejado en la emoción principal que se pretende ser aportada por medio del producto definida como la *diversión*. Esta idea surge al querer buscar una emoción específica que pueda ser transferida al niño por medio del producto que ayude a olvidar un poco su estado

---

<sup>10</sup> Charles Darwin observó como los animales (especialmente en los primates) tenían un extenso repertorio de emociones, y que esta manera de expresar las emociones tenía una función social, pues colaboraban en la supervivencia de la especie. Tienen, por tanto, una función adaptativa.

del momento y a seguir pensando en sus actividades normales. Es por esto que se elige al astronauta como referente formal pero al no encontrar a los astronautas humanos fáciles de conceptualizar se hizo una búsqueda de un tipo de astronauta más amigable con los niños. De allí surge la idea de tomar a *Buzz Lightyear* y *Jim de la Luna*, dos personajes de series infantiles muy conocidos entre los niños, como los referentes formales que guíen el proceso del diseño del nuevo producto (Figura 15).

- **Buzz Lightyear®** es un personaje de ficción que ha aparecido en películas como *Toy Story*, *Toy Story 2* de Disney® y en la serie de animación *Buzz Lightyear of Star Command*, además de varios videojuegos de estos productos. En las películas, Buzz es un juguete con forma de guerrero espacial, el cual llega hasta las manos de Andy, un niño con una gran colección de juguetes. Buzz Lightyear cuenta con su propia serie de dibujos en la cual Buzz vela por la seguridad del universo.
- **Jim de la luna®** es una serie canadiense con el estilo de animación Stop-Motion para pre-escolares producido por Lunar Jim Productions® (Halifax Film Company y Alliance Atlantis). Jim es el protagonista de la serie, él ama las aventuras y siempre busca una misión que realizar. Rover es el perro-robot mascota de Jim y siempre ayuda a Jim en las misiones.



**Figura 15: Referente Formal para el Proceso de Diseño**

Fuente: <http://www.deviantart.com> [Consulta Febrero y Marzo de 2008]

#### 6.5.4 CARTA DE COLORES Y TEXTURAS

Los colores son estímulos visuales que pueden generar diversas reacciones en nuestro organismo y en nuestro estado de ánimo. La psicología del color ha estudiado estos efectos en la percepción y la conducta humana, y aunque como ciencia resulte inmadura, no se puede negar la importancia y las aplicaciones en los ambientes habitados por niños. Según los estudiosos del color, los efectos se deben a nuestra percepción de las distintas frecuencias de onda de luz; en esto se halla involucrado el cerebro y los mecanismos de la vista. El color no es una característica de una imagen u objeto, sino una apreciación subjetiva nuestra, una sensación que se produce en respuesta a la estimulación del ojo y de sus mecanismos nerviosos, por la energía luminosa de ciertas longitudes de onda.

Según esta teoría se observa como muchos productos relacionados con niños se diferencian por sus colores vivos y llamativos. Según esto se deduce una carta de colores extraída a partir del referente formal elegido para el proceso de diseño del modelo en desarrollo (Figura 16). La psicología del color o cromoterapia nos brinda algunos ejemplos sobre los efectos de los colores en los niños (Ver Anexo H: Cromoterapia – Efecto de los Colores).



**Figura 16: Carta de colores a partir del referente formal**

Fuente: Elaboración propia

Las texturas son un patrón visual en un plano infinito 2D el cual, en alguna escala, tiene una distribución fija. Dada una muestra de alguna textura (una imagen) el objetivo es sintetizar otras muestras para el producto a partir de la muestra de textura. Las texturas extraídas a partir de los referentes son en su mayoría lisas y muy brillantes muy similares al plástico y el acrílico (Figura 17).



**Figura 17: Carta de texturas a partir del referente formal**

Fuente: Elaboración propia a partir de los boards del referente formal

## **7 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO**

Las especificaciones del producto permiten entender y concretar las demandas y deseos expresadas por el usuario por medio tanto de las entrevistas en profundidad como de las pruebas de usuario y solucionar los problemas identificados a lo largo del análisis del producto. Para dicho fin se establece un cuadro de análisis concreto de los componentes y funciones ofrecidas por Ginko como evaluación final de los productos presentados a manera de conclusiones para el desarrollo del Brief y el PDS del proyecto (Cuadro 9).

(Ver cuadro en la siguiente pagina)

**Cuadro 9: Evaluación de cada una de las funciones y elementos de Ginko**

<b>EVALUACIÓN DE FUNCIONES Y ELEMENTOS</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>	<b>DECISION FINAL</b>	<b>IMP.</b>
<b>Nebulizador</b>	No posee problemas.	CONSERVAR IGUAL	5
<b>Medidor del flujo espiratorio máximo</b>	Hay ciertos conflictos desde el funcionamiento pero la función como tal es muy buena y necesaria para el monitoreo.	CORREGIR (Cambiar funcionamiento)	5
<b>Conexión a 120V</b>	Es un elemento indispensable y funciona correctamente.	CONSERVAR IGUAL	5
<b>Conexión a 12V</b>	Es uno de los elementos mas innovadores del producto y que por ende llaman mas la atención. El transformador para esto es muy pesado y ocupa mucho espacio.	CORREGIR (Cambiar transformador)	5
<b>Aire frio y caliente</b>	Evaluado desde el punto de vista medico no es necesario y por el contrario puede ser peligroso para la salud del paciente.	REEVALUAR (según la temperatura adecuada)	5
<b>Kit de nebulización (manguera, mascara etc.)</b>	La manguera no debe ser la misma para la medición del FEM ya que hay mucho espacio muerto en la medición lo que no permite la confiabilidad en los datos <u>arrojados.</u>	CORREGIR (Adicionar una manguera mas corta)	5
	La mascara no es apropiada para niños por lo que puede perderse mucho medicamento e incomodarlo.	CORREGIR (cambiar la mascara por una de niños)	4
<b>Programación del tiempo</b>	El timer no avisa cuando se cumple el tiempo programado y solo mide el tiempo de nebulización y no el de descanso.	CORREGIR (más funcional)	4
<b>Filtro de aire</b>	Es necesaria esta función para la eliminación de impurezas del aire.	CONSERVAR IGUAL	4
<b>Conexiones para la entrada y salida del aire</b>	Funcionan muy bien, a veces de confunden los términos de salida y entrada de aire con relación al nebulizador y al medidor.	REDISEÑAR (funciones indicativas)	3
<b>Panel de control</b>	Aunque cumple su función no hay un orden lógico de funcionamiento que facilite el uso a los padres.	REDISEÑAR (funciones indicativas y orden de ejecución)	3
<b>Compartimiento para almacenamiento</b>	Es indispensable para el almacenamiento de los accesorios y el medicamento.	REDISEÑAR (más grande)	3
<b>Tapa</b>	No cierra bien y es incomoda su manipulación al ser tan grande y no estar sujeta al cuerpo principal del equipo desde ningún lado.	REDISEÑAR (más funcional)	3

Fuente: Elaboración Propia

- **REEVALUACIÓN DEL AIRE FRIO Y AIRE CALIENTE**

Según la conversación sostenida durante la entrevista en profundidad con el Doctor Mauricio Sánchez, se propuso investigar mas sobre el tema del aire caliente en las nebulizaciones ya que estas podrían ser perjudiciales para el paciente y no como se creía. Según la información encontrada, durante un ciclo respiratorio normal el aire inspirado resulta saturado (100% de humedad relativa) con los vapores de agua del tracto respiratorio y a la temperatura central corporal (37° C)<sup>18</sup>. Esto ocurre en forma independiente de la humedad y la temperatura del aire ambiente inspirado por lo tanto, la vía aérea superior provee de la necesaria humedad y temperatura para calentar o enfriar el aire inspirado (Ver Anexo I: Calor y humedad en el ciclo respiratorio).

Según el cuadro anterior y la reevaluación del aire frio y caliente en las nebulizaciones se hace la evaluación final de cada uno de los componentes existentes y se toman decisiones finales en cuanto a ellos, además de adicionar otros nuevos que se hacen importantes para la innovación del producto (Cuadro 10).

(Ver cuadro en la siguiente pagina)

**Cuadro 10: Consolidado final de la evaluación**

<b>ELEMENTOS A CONSERVAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMP.</b>
Nebulizador	5
Medidor de FEM	5
Conexión a 12V y 120V	5
Filtro de aire	4

<b>ELEMENTOS A CORREGIR O REDISEÑAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMP.</b>
Transformador a 12V	5
Mascara de nebulización para niños	4
Compartimiento	4
Tapa	4
Conexiones para la entrada y salida de aire	3
Programación del tiempo (Nebulización y descanso)	3
Panel de control	3
Indicación de entrada y salida de aire	2

<b>ELEMENTOS A ADICIONAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMP.</b>
Kit de oxigenación	4
Flujómetro	4
Manguera para medición de FEM	4

<b>ELEMENTOS A ELIMINAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMP.</b>
Aire frío y aire caliente, resistencia	5

Fuente: Elaboración final

## **7.1 BRIEF**

El Brief es un corto documento usado como documentos preliminar al proceso de diseño que pretende recopilar de forma breve los aspectos más importantes que se desarrollaran en determinado proyecto. Se divide en 5 partes principales los cuales son antecedentes, justificación, objetivo general y específico y la descripción del usuario<sup>[19]</sup> (Ver Anexo J: Brief).

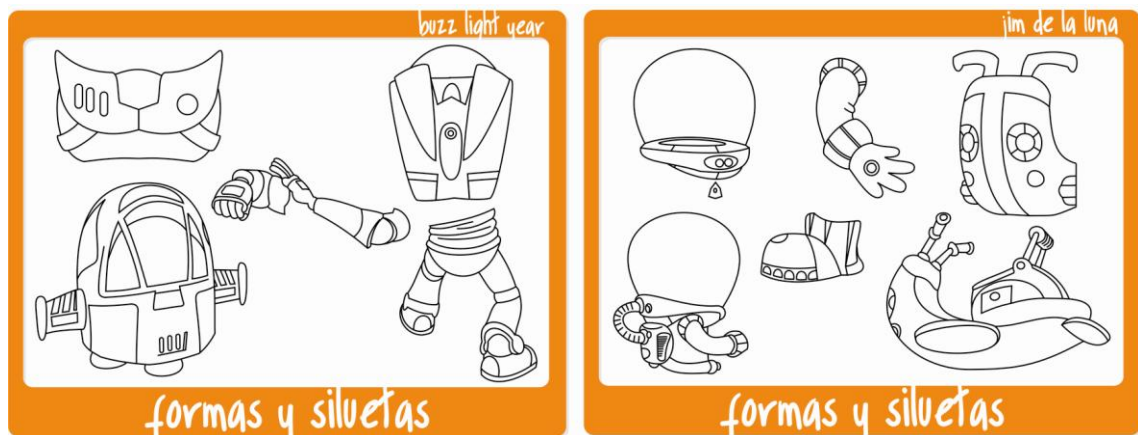
## 7.2 PDS

El PDS o Product Design Specifications (Especificaciones de Diseño de Producto) se utiliza para establecer los requerimientos preliminares en diferentes ámbitos tales como desempeño, manufactura, materiales entre otros previamente definidos basados en diversos elementos propuestos por Stuart Pugh<sup>20</sup>. El PDS del presente proyecto se puede observar en el Anexo K: Product Design Specifications – PDS.

## 8 CONCEPTUALIZACIÓN

Según el pensamiento del profesor Mike Baxter (1995), hay dos secretos para una buena conceptualización: primero generar una gran cantidad de conceptos y segundo seleccionar el mejor. Con esta premisa es fácil deducir que esta etapa demanda mucha creatividad ya que es aquí donde **“nacen las ideas”**<sup>[16]</sup>.

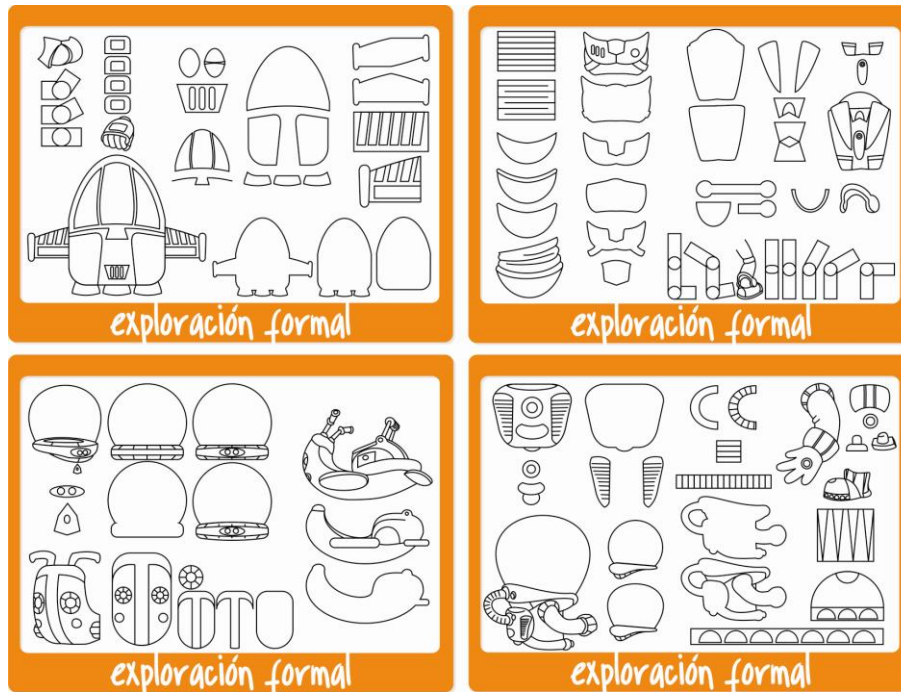
Según esto se procede a realizar las formas y siluetas (Figura 18) de acuerdo al referente elegido que posteriormente nos puedan ayudar a realizar la exploración formal preliminar para las propuestas de diseño.



**Figura 18: Formas y siluetas a partir del referente formal**

Fuente: Elaboración propia

A partir de las formas y siluetas que surgen a partir del referente formal, se comienza la búsqueda de la exploración formal que nos brinde las líneas más sobresalientes que puedan ser aplicadas a las alternativas de diseño del nuevo producto (Figura 19). Por medio de técnicas como reflexión, igualdad, extrapolación entre otros se pretende ver que formas pueden ser la base para la alternativa formal final del equipo biomédico para niños asmáticos.



**Figura 19: Exploración formal**

Fuente: Elaboración propia

## 8.1 DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

Partiendo del desarrollo del alfabeto visual que parte desde el referente formal terminando en la exploración formal, se realiza una lluvia de ideas que permitan llegar a la generación de alternativas de diseño. Para este ejercicio se toma en cuenta los productos existentes, la distribución de los dispositivos electrónicos y la generación de un concepto amigable con los niños visualizando así mayores posibilidades y un concepto mejorado. De la generación de alternativas se obtuvieron diversas propuestas. A continuación se pueden visualizar algunas de ellas (Figura 20, 21, 22 y 23).



Figura 20: Desarrollo de alternativa de diseño N°1

Fuente: Elaboración propia



Figura 21: Desarrollo de alternativa de diseño N°2

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Desarrollo de alternativa de diseño N°3

Fuente: Elaboración propia







**Figura 23: Desarrollo de alternativa de diseño N°4**

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los aspectos más importantes considerados en todas las alternativas de diseño son la disposición de los principales elementos tales como el panel de control y el compartimiento de almacenamiento de mangueras y demás accesorios. Seguido de esto, se pretende encontrar una solución que mejore la forma de almacenar las mangueras para evitar obstrucciones. Según estas razones, se evaluarán las 4 alternativas para mejorar la que sea elegida con los aspectos positivos que le puedan aportar las otras propuestas de diseño.

Para la evaluación de las alternativas de diseño propuestas, se construyó una matriz de evaluación en la que se valora cada una de los diseños de acuerdo a unos criterios de evaluación establecidos y adecuados a los requerimientos obtenidos por medio del PDS (Cuadro 11). Según dicha evaluación, la alternativa de diseño elegida fue la número uno. Esta alternativa se reconsidera de nuevo para mejorar todos los aspectos en los cuales obtuvo calificaciones bajas, ya sea complementándose por medio de las otras propuestas o solucionando sus problemas de otras formas.

**Cuadro 11: Matriz de evaluación de las alternativas de diseño**

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN</b>					
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>					
1	La forma va acorde al referente elegido	5	4	2	3
2	Trata de salirse del tema clínico para volverse mas amigable con los niños	5	5	3	3
3	El compartimiento es suficientemente grande para almacenar lo requerido	3	5	3	4
4	El panel de control se presta para hacer una buena distribución de los elementos	4	3	4	5
5	El panel de control posee buen tamaño para incluir instrucciones básicas de manejo	2	4	3	5
6	Es fácil de transportar	2	3	4	2
7	Hay buena relación entre el diseño y la funcionalidad del producto	4	2	2	3
8	Posee un buen sistema de almacenamiento de las mangueras para evitar danos	5	4	1	2
9	Es ergonómico con respecto a los dos usuarios	5	4	3	2
10	El tamaño es apropiado para el uso domiciliario y en el vehículo	5	1	4	2
11	La idea es simple y ayuda a ser usado con facilidad en momentos críticos	3	1	3	5
12	El diseño facilita la manufactura de las carcasas	3	3	3	3
13	El gasto de material es razonable en cuanto al diseño	3	1	3	4
14	Su diseño lo hace estable para evitar vibraciones del funcionamiento del motor	5	5	3	3
15	Hay suficiente espacio para almacenar los circuitos eléctricos y el motocompresor	3	5	3	4
<b>TOTAL</b>		<b>57</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>50</b>

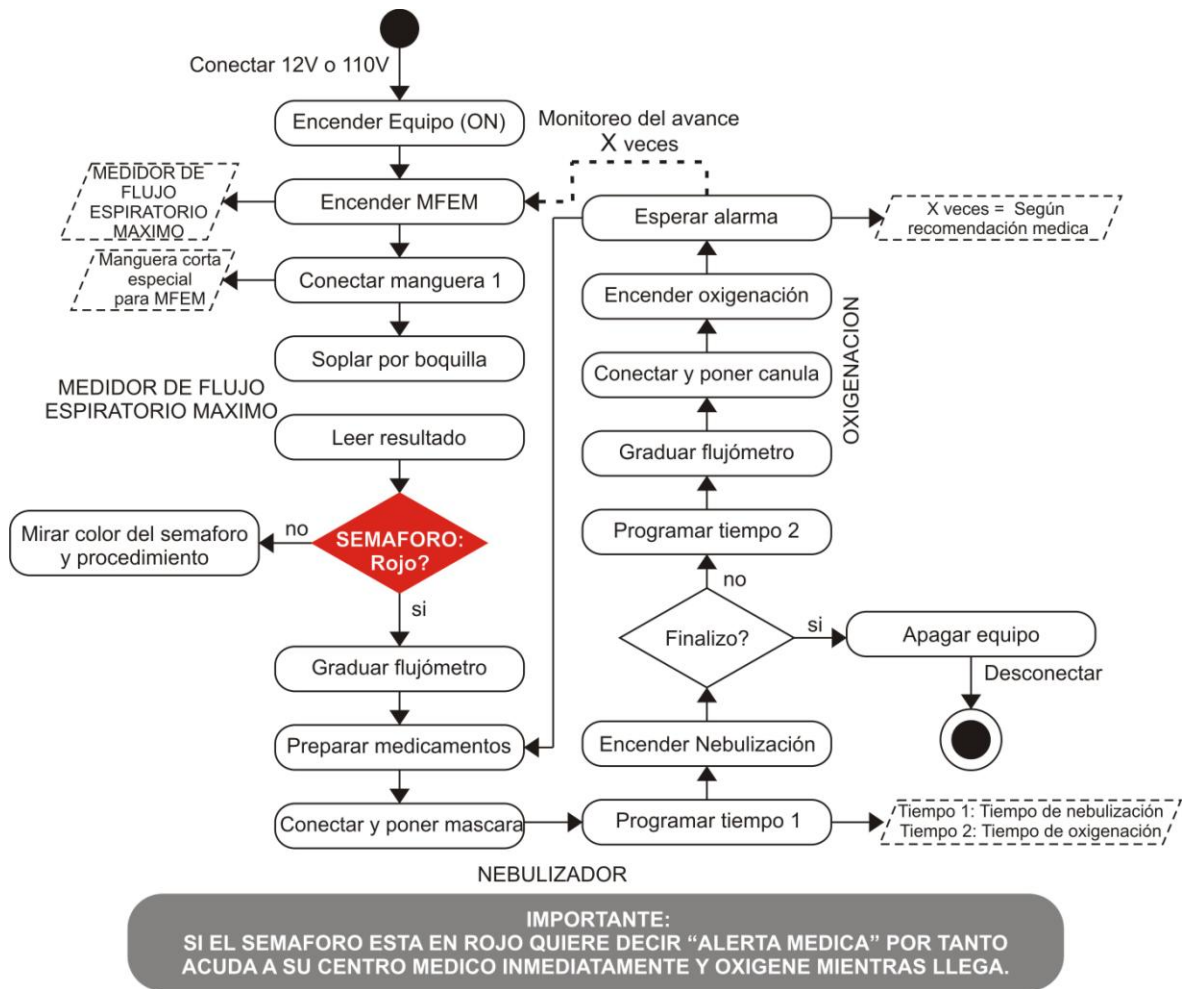
Fuente: Elaboración propia

## 8.2 CARACTERÍSTICAS PARA EL DESARROLLO ELECTRÓNICO

Las nuevas características para el desarrollo electrónico del nuevo equipo posee varias ventajas que facilitarían mucho más el tratamiento de la enfermedad desde el hogar. El medidor de FEM funcionaría de forma muy similar y será quien determine cuál es el paso a seguir según los datos arrojados. Los datos arrojados deberán ser asignados para cada paciente de forma diferente ya que es según la capacidad pulmonar que se determinan los valores para el semáforo en verde (de 80 a 100% de la capacidad pulmonar normal), amarillo (de 50 a 80%) o rojo (menos del 50%).

Cabe resaltar que el equipo siempre debe ser monitoreado por el médico y el será quien le asigne a cada paciente la rutina que debe seguir. La más común será la presentada en el siguiente diagrama de flujo del funcionamiento y relación de los nuevos componentes.





**Figura 26: Diagrama de flujo del semáforo en rojo del MFEM**

Fuente: Elaboración propia

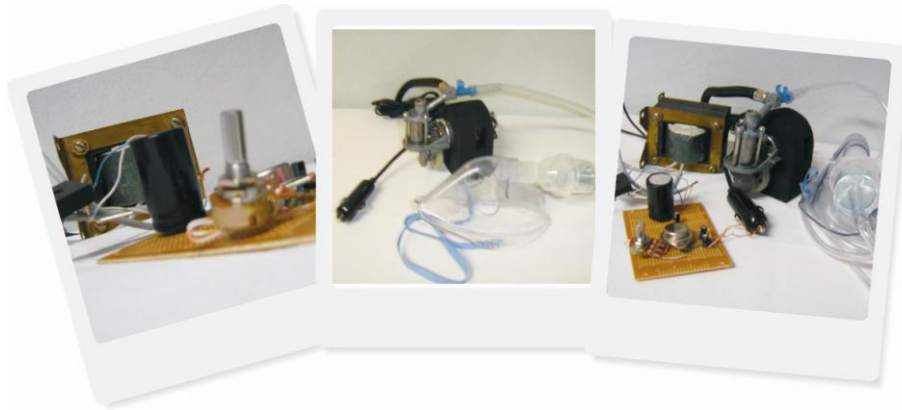
El medidor de FEM será el encargado de monitorear siempre el avance de la crisis o por el contrario la mejora que se va obteniendo después de realizar el tratamiento. Si el dato obtenido corresponde al semáforo verde quiere decir que el paciente se encuentra bien así que no debe hacer una actividad secundaria. Si el dato obtenido corresponde al área amarilla se deberán hacer nebulizaciones de acuerdo al tiempo sugerido por el doctor. Si por el contrario, el dato arrojado se encuentra en el semáforo en rojo es signo de alerta por lo que se deben hacer nebulizaciones el tiempo sugerido pero intercalándolas con el oxígeno en los

tiempos de descanso mientras se llega a un centro asistencial. La conexión al carro (12V) permite que el paciente pueda seguir realizando sus rutinas mientras llega a dicho lugar. La medición del tiempo le permite el apagado automático cuando se cumpla el tiempo de la nebulización y la programación del tiempo de descanso, o para el último caso, de oxigenación.

## 9 ELECTRÓNICA

### 9.1 MONTAJE ELECTRÓNICO

El montaje electrónico para el diseño funcional del modelo consta principalmente de componentes de fácil adquisición en el mercado nacional con unas cuentas variaciones. Se puede observar en las imágenes a continuación (Figura 27) las pruebas realizadas con el circuito electrónico para verificar el funcionamiento de este mismo antes de realizar las tarjetas reales del prototipo. Podemos observar entonces el motocompresor junto con el circuito de conversión para los 12 voltios requeridos para la conexión el carro y la manguera y mascara de la nebulización.



**Figura 27: Montaje electrónico de los principales componentes**

Fuente: Fotografías suministradas por el equipo de la UdeA

### NEBULIZACIÓN Y OXIGENACIÓN:

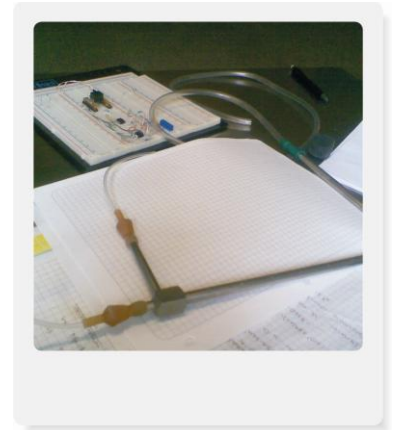
Para estas dos funciones se usara un solo motocompresor a 110V que se le pueda variar la salida del flujo de aire para que así pueda ser usado para los dos casos simplemente cambiando los



litros/minuto obtenidos. Para estas dos funciones se requiere de una salida variable que pueda ser cambiada por el usuario y la conexión ya sea de la mascarilla o de la cánula nasal bien sea el caso a tratar.

### **MEDIDOR DE FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO:**

Podríamos decir que el medidor de FEM es la parte funcional que más cambios sufre dentro de la construcción del nuevo circuito electrónico ya que cambia totalmente en su diseño electrónico.



En este caso entonces, para el medidor de FEM fue necesario el cambio total del circuito electrónico ya que los datos arrojados por el anterior no eran muy coherentes y estaba presentando muchas fallas debido al ruido producido por el motor y al sensor de presión utilizado. Para este medidor de flujo pico nuevo es necesario usar un sensor de presión diferencial y luego una conversión de esta variable a flujo, por medio de fórmulas matemáticas, debido al alto costo de los sensores que registran flujo directamente. La disposición del nuevo medidor de FEM puede observarse en la Figura 28.

En el momento de tomar la medida del flujo se pueden presentar variaciones en el valor de la medida por factores como:

- La posición del paciente
- La ubicación del tubo de pitot y las mangueras
- La forma en que sopla el paciente
- Ruido en el ambiente que afecte el circuito de prueba

Al calcular el porcentaje de error entre los valores de flujo teórico y experimental se obtienen valores entre 20.14% y 14.13%, los cuales aunque no cumplen con el

10% de error máximo requerido por National Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI) en 1991, son valores muy acertados para la primera etapa del prototipo.

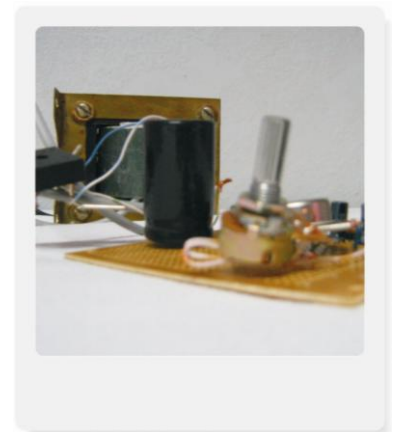


**Figura 28: Disposición del nuevo medidor de FEM**

Fuente: Equipo de la UdeA

### **CONEXIÓN 12V Y 110V:**

Las conexiones a 12V y 110V se conservan en su esencia muy similares. El único cambio notorio es el del transformador de 12V el cual era muy grande y pesado por lo cual se sustituyó por uno de



El componente del contador del tiempo sufre variaciones pero en la programación del PIC ya que cambia su funcionamiento para no solo contabilizar el tiempo de nebulización sino también el tiempo de descanso. Los tiempos varían por lo que ya no son libres para el usuario sino que son preestablecidos a 10, 15, 20 y 30 minutos. Se le adiciona un buzzer que indica cuando se acaba el tiempo de descanso y hay que montar la nueva nebulización. El apagado automático se conserva.

## 10 MODELACIÓN 3D DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

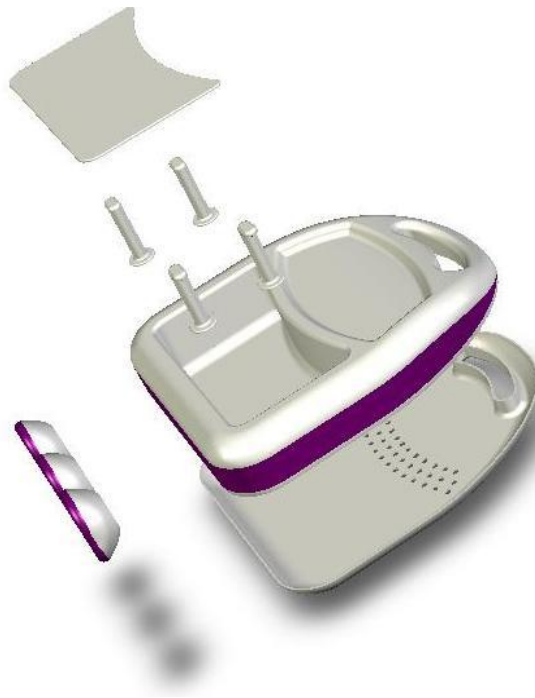
A continuación se presenta la modelación realizada en el Software de modelaciones en 3 dimensiones SolidWorks (Figura 29). La propuesta consta básicamente de dos carcasas principales que almacenan los elementos indispensables para prestar las funciones del equipo como las de almacenar los accesorios y brinda además un mayor control de panel. La siguiente figura muestra una vista en explosión de los componentes formales del producto (Figura 30), entre ellos se encuentran las dos carcasas, la tapa, los portamangueras y las bases. Estas últimas sirven para que el producto pueda ser usado acostado o parado sobre la base.



**Figura 29: Modelación 3D de la alternativa de diseño escogida**

Fuente: Elaboración propia

Las medidas y ensambles de cada uno de los componentes como la cantidad de cada uno de ellos se pueden visualizar mejor en los planos de ingeniería en el Anexo L del presente documento.



**Figura 30: Vista en explosión de los componentes del modelo**

Fuente: Elaboración propia

La propuesta formal final puede combinarse en diferentes colores extraídos desde la carta de colores del referente formal (Figura 31). La variedad de colores hacen que el equipo pueda ser más personalizado según cada uno de los niños que lo usaran, sus gustos y preferencias, lo que lo harán ver más propio.



**Figura 31: Propuestas de color**

Fuente: Elaboración propia

## **11 MANUAL DE USUARIO GINKO**

El manual de usuario es un pequeño libro que se le anexara al equipo cuando algún usuario haga su compra en el que se explicara los cuidados, precauciones y usos que se deben tener en cuenta en la manipulación de Ginko. Allí es posible encontrar la tarjeta semáforo la cual debe ser llenada según los datos del paciente por los padres de familia y así determinar los valores de las zonas verdes, amarillas y rojas de su capacidad pulmonar que serán monitoreadas por el medidor de FEM. Así mismo, será posible encontrar en dicho cuadernillo, la forma en que debe llenarse dicha tarjeta, la tarjeta del plan de medicación para cada zona sugerido por el medico de cabecera y las instrucciones de uso para el medidor de flujo espiratorio máximo, el nebulizador y el kit de oxigenación. Dicho Manual de Usuario podrá ser visto a profundidad en el Anexo M: Manual de Usuario Ginko.

### **11.1 MATERIAL DIDÁCTICO GINKO**

Adicional al manual de usuario, el producto como tal traerá consigo otra cartilla para uso por parte del paciente menor. Este será llamado material didáctico y se compone de un material extra que será usado en su totalidad por parte del niño en compañía de sus padres. Esta cartilla se compone de diferentes actividades lúdicas que pretenden que Ginko sea percibido por el niño como un producto que será su amigo y pueda dejar a un lado todos los miedos que usualmente suelen relucir cuando se enfrentan a un equipo de nebulización como tal.

El material didáctico de Ginko se compone entonces en primer lugar de un cuento personalizable que podrá ser leído por parte de los padres al niño las veces que el lo requiera. Este cuento tiene como función contarle al niño de donde sale Ginko y porque el al tener dicha enfermedad (que no es tratada como enfermedad durante

el cuento), es alguien especial que llegó al mundo NO por una casualidad y que es alguien especial por lo que se debe comportar como un astronauta para que el aire nunca le falte y pueda tener una vida igual a los demás niños de su edad. En segunda instancia se puede encontrar una sesión que es llamada “Sticker por buen comportamiento”; estos son pequeños stickers el astronauta Ginko que le serán otorgados al niño por parte de sus padres para que este disponga de ellos donde mejor le parezcan cada que se haya dejado realizar todos los procedimientos de forma correcta. Seguido a esto, se encuentra un sticker principal que puede ser llenado con los datos del pequeño y pegado en el equipo como tal para que él lo vea más propio. Por último se encuentra una sesión para colorear, un diario para llenar y un espacio para que sus amigos le firmen. Todo este material apunta a la mejor percepción por parte de la familia en general al producto para que no lo vean como un equipo médico sino como un compañero que le ayuda a obtener una mejor calidad de vida. Este material didáctico puede ser visto en profundidad en el Anexo N: Material Didáctico Ginko.

## **12 MANUFACTURA**

### **12.1 DESARROLLO DE PLANOS**

Los planos de ingeniería correspondientes a la alternativa de diseño elegida se encuentran en el Anexo K: Planos de Ingeniería.

### **12.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL**

El modelo funcional desarrollado como soporte de la investigación fue desarrollado en los talleres de la Universidad EAFIT (Figura 32). Dicho modelo fue construido en fibra de vidrio y ensamblado con todos sus componentes electrónicos pertinentes con los cuales se pudo simular gran parte del funcionamiento del producto. En dicho modelo se evidencian los componentes principales del concepto propuesto y los acabados simulados a como sería el producto final (Figura 33).



**Figura 32: Proceso de construcción del modelo**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 33: Modelo funcional Ginko**

Fuente: Elaboración propia

## 13 CONCLUSIONES

- El rediseño del nuevo nebulizador portátil con medidor de flujo espiratorio máximo brinda un manejo de la enfermedad de forma más integral y le brinda mayores comodidades a los usuarios que le permiten aumentar su calidad de vida.
- La elaboración del alfabeto visual, partiendo del referente formal del astronauta, permitió realizar un nuevo diseño mejorado que le permite al niño tener una relación con el equipo sin temores y verlo de forma más amigable.
- Las entrevistas en profundidad fueron la herramienta mas eficiente para el rediseño del nuevo equipo ya que por medio de la experiencia y los conocimientos de las personas entrevistadas se pudieron evaluar los puntos mas críticos del producto y se pudieron solucionar, adicionando y eliminado algunas funciones que permitieran un mayor grado de innovación de facilidad para el tratamiento de la enfermedad por medio del producto.
- Las pruebas de usuario aportaron desde la comprensión del papel tan importante que cumplen los padres en el manejo de la enfermedad ya que de ellos depende el cuidado y dirección para que el niño pueda tener una vida mas tranquila y parecida a la de otros niños que no poseen dicha enfermedad.
- Las herramientas aprendidas a lo largo de la carrera tales como el brief, PDS, alfabeto visual, lluvias de ideas, desarrollo de alternativas de diseño entre otros, le permiten al diseñador tener mas elementos que le permitan concebir una mejor idea de producto tanto a nivel formal como funcional ya

que permiten ver el producto de forma integral y mas relacionado con el usuario y el contexto.

- El nuevo modelo funcional es un equipo mejorado tanto a nivel formal como funcional que le brinda al usuario una mejor manipulación, ejecución y tratamiento de la enfermedad desde el hogar que no solo permite el uso de más elementos para controlar las crisis sino que también ayudan a un mayor entendimiento de la enfermedad.
- El mayor logro personal obtenido por medio del desarrollo de este proyecto ha sido el aprendizaje obtenido que demuestra que por medio de diseño o rediseño de un producto, se puede contribuir a mejorar la calidad de vida de las demás personas, no solo desde la solución formal y funcional que brinde el producto, sino también desde las implicaciones psicológicas positivas que pueden ser proyectadas por medio de este mismo.
- Por otro lado, un logro personal adquirido en el desarrollo de este proyecto fue el hecho de haber definido una metodología propia para el desarrollo de este tipo de productos que se basan en las técnicas aprendidas durante el transcurso de la carrera y las propuestas por los diferentes autores lo que permiten obtener una metodología y estilo propios al enfrentarse al desarrollo de otros productos similares.
- El mayor obstáculo encontrado en el transcurso del desarrollo de dicho proyecto se encontró en el desarrollo funcional del producto ya que según la tecnología encontrada en nuestra ciudad y nuestro país y al ser este un prototipo único, se hizo difícil mejorar aspectos que deben ser considerados dentro del producto para que este sea mas competitivo, tales como el ruido, el peso y el funcionamiento correcto del medidor de flujo espiratorio máximo.

- El modelo funcional a escala real entregado para la sustentación de dicho proyecto de grado brindara un 80% de la solución funcional final ya que los aspectos débiles tratados en la conclusión anterior deberán ser solucionados totalmente por medio de la búsqueda de recursos por fuera del país.
- Ginko II como producto podría llegar a ser un equipo biomédico muy competitivo a nivel nacional ya que al ser producido en serie podría mejorar en gran cantidad los costos de su fabricación al nivel de otros productos que están siendo importados, sumándole como ventajas competitivas todas las nuevas funciones que este equipo considera.
- Se seguirá trabajando en el proyecto como tal en el futuro estudiando otros temas no alcanzados en el presente documento referentes a su comercialización y a la elaboración de un plan de negocio que permita buscar inversionistas que deseen apoyar dicho proyecto y establecer idea de negocio. Esto se desarrollara con el equipo de Bioingeniería de la UdeA a la cabeza.

## 14 BIBLIOGRAFÍA

<sup>[1]</sup> Resumen para la Acción. Alianza para la Salud de la Madre, el Recién Nacido y el Niño. [Artículo de Internet] OMS – Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/pmnch/es/index.html> [Consulta Marzo 23 de 2008]

<sup>[2]</sup> Datos y Cifras. 10 datos sobre el asma. [Artículo de Internet] OMS – Organización Mundial de la Salud. [http://www.who.int/features/factfiles/asthma/asthma\\_facts/es/index9.html](http://www.who.int/features/factfiles/asthma/asthma_facts/es/index9.html) [Consulta Abril 1 de 2008]

<sup>[3]</sup> Global Initiative for Asthma (GINA, Iniciativa Global para el Asma). Guía de bolsillo para el manejo y prevención del asma. Canadá; 2006. Guía de bolsillo dirigida a enfermeras y médicos.

<sup>[4]</sup> Acerca de los nebulizadores. [Artículo de Internet] Niños SaludableZ. <http://www.ninossaludablez.com/hispanic/treating/nebulizers.asp> [Consultado Febrero 20 de 2008]

<sup>[5]</sup> Cómo lograr un control óptimo del asma: un parámetro de práctica. [Artículo de internet] American Academy of Allergy, Asthma and Immunology. [http://www.aaaai.org/espanol/tips/asthma\\_control\\_esp.stm](http://www.aaaai.org/espanol/tips/asthma_control_esp.stm) [Consultado Enero 16 de 2008]

<sup>[6]</sup> Controla tu asma. Que es el asma? [Artículo de Internet] Asma y Vida. GlaxoSmithKline. <http://www.asmayvida.com> [Consulta Noviembre 10 de 2007]

<sup>[7]</sup> Pearl, Elana. Asthma. [Artículo de Internet] Teens Health – Answer and Advice. [http://kidshealth.org/teen/en\\_espanol/enfermedades/asthma\\_esp.html](http://kidshealth.org/teen/en_espanol/enfermedades/asthma_esp.html) [Consulta Noviembre 5 de 2007]

<sup>[8]</sup> Descripción Básica de la Enfermedad. [Artículo de Internet] Associació Asmatològica Catalana. <http://www.asmatic.org/asma1.htm> [Consulta Noviembre 16 de 2007]

<sup>[9]</sup> Tratamientos – Información para los Padres. [Artículo de Internet] MSD <http://www.msd.com.co/msdco/patients/asma/tratamiento/tratamiento3.html> [Consulta Noviembre 8 de 2007]

<sup>[10]</sup> Asma Infantil [Artículo de Internet] Periódico Vivir en el Poblado [http://www.vivirenelpoblado.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2110&Itemid=58](http://www.vivirenelpoblado.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2110&Itemid=58) [Consultado Diciembre 28 de 2007]

<sup>[11]</sup> Pugh, Stuart. Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering. Addison-Wesley Publishing Company; 1991. Harlow (UK).

<sup>[12]</sup> Escobar, J. Diseño y Construcción de una Jeringa de Infusión para Neonatología. [Trabajo de Grado] Medellín: Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2007

<sup>[13]</sup> Blanco J., Brime R., Caballero F., Amores I. Perfil del niño asmático: Aproximación a su calidad de vida. España: 2007.

<sup>[14]</sup> Bauman A, Brownw G. The role of education in adult asthma management: Patient Magement. 1987.

[15] User Fit Tools. User Trials: Tools and Techniques. p97-113.

[16] Baxter, M. Product Design: Practical methods for the systematic development of new products. Londres: Stanley Thornes; 1998.

[17] Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. Boards 30 – 60: Material de apoyo para el departamento. Medellín: Universidad EAFIT; 2006. 21 p.

[18] Manual de entrenamiento: Calor, humedad y filtración.

[19] Hernández, M. BRIEF. [Diapositivas] Medellín, Co; Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2002.

[20] Hernández, M. Product Design Specifications. [Diapositivas] Medellín, Co; Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2002.

## **ANEXOS**