



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“CONCEPTO DE JARDÍN VERTICAL APLICANDO EL ENFOQUE DE  
DISEÑO EMOCIONAL”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERÍA EN DISEÑO**

PRESENTA:

**STEPHANIE LÓPEZ HAYNA**

DIRECTOR:

**M.D.D. JORGE ESPINOZA COLÓN**

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MAYO 2015



A mi familia quienes me inspiran e impulsan simplemente por ser quienes son.

A mi madre por sus ánimos incesantes,

a mi tía por su sabiduría que me guía,

a mi tío por su vigor que me motiva,

a mis primos por los juegos,

a mi hermana, mi alma gemela,

y a los que son un recuerdo cálido en el corazón.



# AGRADECIMIENTOS

El proyecto de tesis no hubiera podido encontrar el camino sin la contribución de las personas que aportaron en diferentes formas y momentos al proyecto.

Agradezco especialmente a mi director de tesis M.D.D. Jorge Espinoza Colón por su amistad y paciencia, quien me dedicó incontables horas de trabajo para encauzar y dar forma a las ideas del proyecto.

También agradezco a los maestros de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) Dr. Armando Páez García e Ing. Óscar Díaz de León quienes en este trabajo y en cursos impartidos me han orientado con sus conocimientos. Así como a L.F.M. Gustavo Jiménez Santana quien con su firmeza y entusiasmo me impulsa a buscar dirigir mi trabajo en ingeniería en diseño.

También agradezco a quienes en diferentes momentos contribuyeron al trabajo: M.I.D. Miguel Octavio Inclán Martínez, Ing. Eusebio César Pedro Santos y Dr. Fidencio Sustaita Rivera. Cabe mencionar la ayuda de M.T.I. Mario Alberto Moreno Rocha y Carlos Sandoval en el Laboratorio de Usabilidad de la UTM, así como Ing. Antonio Gutiérrez Hernández y los alumnos de computación. Además agradezco el apoyo y la información provista por el Ing. José Alejandro Cruz Herrera.

Así mismo la revisión de M.E.R. Noemí López Santiago de la Universidad del Mar Campus Huatulco quien ayudó definir correctamente el análisis de las encuestas y Ing. Armando Rodríguez, pasante de la Universidad de Guadalajara, por la revisión de las vegetación seleccionada.

Finalmente agradezco a las participantes de las sesiones de grupo y las entrevistas quienes aportaron con su tiempo y opiniones al proyecto.



# ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES	3
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4. JUSTIFICACIÓN	8
1.5. OBJETIVOS	9
1.5.1. Objetivo general	9
1.5.2. Objetivos específicos	9
1.6. METAS	10
1.7. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL	15
2.1. DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTO	15
2.1.1. Desarrollo de Producto	19
2.1.2. Diseño ecológico	22
2.1.2.1. Análisis de Ciclo de Vida del Producto	29
2.1.2.2. Evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida	33
2.2. DISEÑO EMOCIONAL	37
2.2.1. Emoción	37
2.2.2. Modelos de diseño emocional	39
2.2.2.1. Modelo de diseño emocional: respuesta emocional	39
2.2.2.2. Modelo de emoción de producto	41
2.2.2.3. Modelo de los 4 placeres	42
2.2.2.4. Apariencia de producto y placer de consumidor	43

2.2.2.5. Gusto de interacción de humano-producto	44
2.2.2.6. Diseño Afectivo	44
2.2.3. Métodos de estudio e investigación de emociones para desarrollo de productos	48
2.3. Resumen de capítulo	51
<b>CAPÍTULO 3. INSPIRACIÓN</b>	<b>53</b>
<hr/>	
3.1. OBSERVACIÓN	53
3.1.1. Análisis comparativo de mercado	54
3.1.2. Entrevistas a especialistas en botánica	59
3.1.3. Encuesta	59
3.1.3.1. Perfil del usuario	64
3.1.4. Consideraciones de vegetación	64
3.1.4.1. Cuidado de plantas	64
3.1.4.2. Recipientes para plantas	66
3.1.4.3. Especies de plantas para el sistema de jardín vertical	66
3.1.4.4. Conclusiones respecto a las consideraciones de vegetación	68
3.1.5. Normatividad	69
3.2. ENTENDIMIENTO	71
3.2.1. Sesión de grupo: Técnica, instrumento y muestra	71
3.2.2. Análisis de resultados	74
3.3. DEFINICIÓN	84
<b>CAPÍTULO 4. IDEACIÓN</b>	<b>93</b>
<hr/>	
4.1. SELECCIÓN DE CONCEPTO	93
4.2. DETALLES DE DISEÑO DEL CONCEPTO	95
4.2.1. Definición de piezas	97
4.2.2. Sistemas de unión entre piezas	102

4.2.3. Definición de características específicas	104
4.2.3. Análisis Mecánico	108
4.3. EVALUACIÓN DE DISEÑO CON BASE EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	114
4.3.1. Objetivo y alcance del estudio	115
4.3.2. Análisis de Inventarios	118
4.3.3. Interpretación de resultados	119
4.3.4. Conclusiones de EDACV	125
4.4. RESUMEN DE CAPÍTULO	125
<b>CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO</b>	<b>126</b>
<hr/>	
5.1. EVALUACIÓN EMOCIONAL	126
5.1.1. Técnicas, instrumentos y muestra	126
5.1.2. Diseño de instrumentos	127
5.1.3. Análisis y procesamiento de datos	134
5.1.4. Resultados	135
5.1.4.1. Cuestionario digital y cuantificación de expresiones faciales	135
5.1.4.2. Cuestionario complementario a la sesión de grupo	136
5.1.4.3. Sesión de grupo	138
5.1.4.4. Indicadores de emoción de producto	141
5.2. EVALUACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO	143
5.3. CONCEPTO DE JARDÍN VERTICAL	145
5.4. RESUMEN DE CAPÍTULO	151
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</b>	<b>153</b>
<hr/>	
6.1. APORTACIONES	155
6.2. LECCIONES APRENDIDAS	155
6.3. TRABAJO A FUTURO	156

ANEXOS	159
ANEXO A. PLANOS DESCRIPTIVOS	159
REFERENCIAS	169

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muro verde del museo Quai Branly diseñado por Patrick Blanc.	5
Figura 2. Superficies de áreas verdes per cápita en ciudades dentro de México.	7
Figura 3. Diagrama de flujo de metodología usada en la tesis.	14
Figura 4. Clasificación de productos.	16
Figura 5. Niveles de Estructura de un Producto.	17
Figura 6. Vectores de la forma.	18
Figura 7. Ciclo de vida físico del producto según García.	22
Figura 8. Esquema de sostenibilidad.	23
Figura 9. Etiquetas de Punto verde y FSC respectivamente.	25
Figura 10. Esquema de proceso de ACV.	30
Figura 11. Esquema de diseño emocional.	41
Figura 12. Esquema del modelo de emoción del producto.	42
Figura 13. Ejemplos de gráficos utilizados por PrEmo©.	50
Figura 14. Gráfica de porcentaje de personas con intereses en jardinería en Huajuapán de León.	61
Figura 15. Diagrama de caja y bigotes de tiempos.	61
Figura 16. Porcentajes de conocimiento y uso de sistemas hidropónicos y jardines verticales.	62
Figura 17. Interés de beneficios de jardines verticales.	63
Figura 18. Frecuencia de preferencia de precio de mantenimiento.	63
Figura 19. Número de canales en función de número de participantes dentro de un grupo	72
Figura 20. Imágenes usadas en la sesión de grupo.	73
Figura 21. Fotografía de sesión de grupo.	74
Figura 22. v a los jardines verticales por los usuarios.	75
Figura 23. Hábitos de Jardinería.	78

Figura 24. Preocupaciones respecto a plantas.	79
Figura 25. Preferencias de características de jardines verticales.	81
Figura 26. Esquema de información recopilada según su estudio de origen.	85
Figura 27. Arquitectura del jardín vertical.	92
Figura 28. Boceto de concepto número 10.	94
Figura 29. Conceptos generales número 1,2 y 3.	96
Figura 30. Concepto general número 4.	97
Figura 31. Esquema de hexágono tal que mantenga una maceta grande.	98
Figura 32. Revisión de posición de manos.	98
Figura 33. Exploración de alturas para la tarea a realizar.	99
Figura 34. Concepto de marco de superficie lisa.	99
Figura 35. Concepto de marco de superficie irregular.	99
Figura 36. Evolución de concepto de la charola de unión.	100
Figura 37. Conceptos de depósito.	101
Figura 38. Sistemas de unión para charolas evaluados.	103
Figura 39. Conceptos de uniones de charola con marcos.	104
Figura 40. Diseño de costilla.	108
Figura 41. Despiece de propuesta de diseño preliminar. (s.e.)	109
Figura 42. Esquema de conjunto de concepto preliminar.	109
Figura 43. Esquema de cargas de marcos ejercidas en el sistema.	111
Figura 44. Escuadra de soporte inicial y modificado.	112
Figura 45. Antes y después de modificaciones en los nervios inferiores del marco.	112
Figura 46. Nervio de soporte de la charola inicial y final.	113
Figura 47. Diagrama del sistema y los límites a estudiar.	116
Figura 48. Comparación de huella de carbono.	119

Figura 49. Comparación de acidificación atmosférica.	120
Figura 50. Comparación de eutrofización del agua.	120
Figura 51. Comparación de energía total consumida.	121
Figura 52. Resultados de comparación entre el modelo final y la referencia.	122
Figura 53. Conceptos usado en la evaluación emocional.	126
Figura 54. Variaciones de marcos evaluados en la sesión de grupo.	131
Figura 55. Variaciones de color evaluados en la sesión de grupo.	132
Figura 56. Promedio ordinal de intensidad de atracción.	136
Figura 57. Promedios de prospectiva de placer de posesión y placer de uso de los de jardines verticales mostrados.	137
Figura 58. Promedios de diferencial semántico de conceptos de la propuesta.	137
Figura 59. Frecuencia de conceptos a nivel conductual presentados a lo largo de la sesión.	139
Figura 60. Gráfica de frecuencia de conceptos de nivel reflexivo discutidos.	140
Figura 61. Frecuencia de conceptos referentes al placer.	141
Figura 62. Índices de emoción de producto.	143
Figura 63. Propuesta de concepto de jardín vertical para interiores.	145
Figura 64. Módulo individual con plantas.	145
Figura 65. Detalles de uniones con la secuencia de armado del módulo.	146
Figura 66. Detalles de uniones para módulos adicionales.	147
Figura 67. Configuraciones de módulos con detalles de armado.	147
Figura 68. Esquema de funcionamiento.	148
Figura 69. Dos módulos en una cocina de estilo moderno.	149
Figura 70. Jardín vertical en una cocina de estilo clásico, en dos configuraciones de módulos.	149
Figura 71. Dos módulos instalados en una recámara de estilo contemporáneo.	150
Figura 72. Seis módulos en un interior ecléctico.	150

Figura 73. Seis módulos en un apartamento loft.	151
Figura 56. Propuesta de jardín vertical.	153

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluaciones de impacto ambiental	28
Tabla 2. Comparación de los modelos de diseño emocional revisados.	45
Tabla 3. Variables consideradas en el análisis comparativo de mercado. Categorizado por tipo de información	55
Tabla 4. Productos revisados en el análisis comparativo de mercado.	56
Tabla 5. Especies de plantas adecuadas para interiores	66
Tabla 6. Especies de plantas endémicas del valle de Tehuacán y Cuicatlán.	68
Tabla 7. Normas NOM y NMX que se relacionan con el proyecto más adelante.	69
Tabla 8. Análisis de las emociones respecto a las plantas, categorizadas por la perspectiva del estímulo, según el modelo de emoción de producto	80
Tabla 9. Valoración de necesidades según estudio realizado	87
Tabla 10. Matriz de necesidades-medidas	88
Tabla 11. Importancia e importancia relativa ( <i>relative weight</i> ) de necesidades	90
Tabla 12. Lista de especificaciones derivada de la matriz de necesidades-medidas	91
Tabla 13. Matriz de selección de conceptos de diseño	93
Tabla 14. Medida de las macetas para el sistema.	97
Tabla 15. Matriz de selección de conceptos de base	102
Tabla 16. Matriz de selección de conceptos de uniones entre charolas y tubos de unión	103
Tabla 17. Matriz de selección de conceptos de uniones de la charola con los marcos	104
Tabla 18. Pesos por elemento de estructura	106
Tabla 19. Peso calculado	106
Tabla 20. Selección semifinal de materiales.	107
Tabla 21. Lista de piezas del esquema de conjunto.	110

Tabla 22. Objetivos, estrategias e instrumentos para la evaluación del concepto de jardín vertical	128
Tabla 23. Preguntas para el cuestionario que se aplicó previo a la sesión de grupo	129
Tabla 24. Emociones básicas cuantificados en el periodo de respuestas del cuestionario digital	130
Tabla 25. Preguntas para la sesión de grupo basadas en los modelos de diseño emocional	131
Tabla 26. Dimensiones de emoción explorados por pregunta de cuestionario complementario de sesión de grupo	133
Tabla 27. Indicadores e índices del modelo de respuesta emocional	134
Tabla 28. Indicadores e índices del modelo de emoción del producto	135
Tabla 29. Indicadores del modelo de los 4 placeres	135
Tabla 30. Resultados respecto al modelo de emoción del producto	138
Tabla 31. Índices de diseño emocional	142
Tabla 32. Índices de emoción de producto	143
Tabla 33. Evaluación de especificaciones de producto	144

**Nota:** Todas las tablas son de elaboración propia.

# ASPECTOS PRELIMINARES

---

---

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de las islas de calor en las urbes es hoy día un problema común y perseverante en el mundo. Este efecto consiste en el aumento de la temperatura en las ciudades, lo que altera los microclimas, modifica las corrientes de aire, la precipitación y produce efectos negativos en los ciudadanos. La problemática introduce la necesidad de plantear propuestas que puedan reducir las islas de calor y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las ciudades.

La integración de áreas verdes en las ciudades ha sido una estrategia planteada, sin embargo la falta de espacio presenta el reto de buscar elementos alternativos para realizarlo. Existen ya sistemas para instalar muros verdes y jardines verticales, pero los sistemas de naturación presentes en el mercado son todavía objetos de lujo, inaccesibles en cuestiones económicas y técnicas para la mayor parte de los ciudadanos y diseñados enteramente desde un enfoque funcional.

Ante esta problemática, el presente proyecto de tesis abarca el desarrollo de un concepto de jardín vertical para uso interior en México a partir del diseño emocional. Por medio de una investigación integral donde se analiza y plantea cuestiones mercadológicas, funcionales, emocionales y sostenibles se propone un producto factible de producir que se distingue en el mercado por su facilidad de uso, por ser más accesible para una mayor sector de la población y que tiene un gran potencial de ser aceptado por los usuarios.

El capítulo 1 presenta la problemática a abordar y formula el planteamiento del proyecto de tesis. El capítulo 2 rescata los conceptos esenciales para el desarrollo del jardín vertical en materia de diseño de producto, particularmente sobre el diseño ecológico y el diseño emocional que son ejes temáticos esenciales del proyecto.

Al seguir la metodología de *Design Thinking*, los capítulos 3, 4 y 5 abarcan respectivamente los espacios de inspiración, la ideación y la evaluación realizados. El primero detalla cada una de las investigaciones que se hicieron para la aproximación holística al desarrollo del producto, así como la investigación de la sesión de grupo en que se estudiaron los aspectos emocionales y la definición de los requerimientos a considerar en el proyecto. La ideación comprende la explicación detallada de las

consideraciones realizadas a lo largo de la conceptualización del producto, así como el planteamiento de los análisis y estudios realizados para la definición final del producto. Por último el capítulo 5 abarca la evaluación del concepto con usuarios potenciales y ante los requerimientos de diseño planteados.

## 1.2. ANTECEDENTES

El proyecto de esta tesis se enmarca dentro del problema de las islas de calor debido a que su principal importancia reside en la capacidad de los jardines verticales de contribuir al mejoramiento del clima en las urbes (Mendoza, 2012).

La integración de plantas vivas en fachada o azotea, conocido como naturación de edificios, resulta benéfico para los residentes y los ciudadanos. El Colegio Nacional de Educación Técnica (CONALEP, s.f.: 5) divide estos beneficios de la integración de áreas verdes en los edificios en las siguientes categorías: aspectos de ecología urbana, clima y aire, biotopos para flora y fauna, aspectos sociales y sanitarios, aspectos estéticos, y aspectos económicos. Cada uno de estos consiste en:

- Aspectos de ecología urbana: ayuda a reducir las “islas de calor”, el CONALEP (s.f.: 37) explica que es un efecto que surge cuando los materiales de las superficies urbanas son calentadas durante el día y lo liberan en la noche, elevando la temperatura de las urbes. Este aumento de calor provoca alteraciones en la precipitación y el viento, e influye en el bienestar de los ciudadanos ocasionando estrés térmico. Las zonas verdes contrarrestan este efecto debido al fenómeno de evapotranspiración<sup>1</sup>.
- Clima y aire: la vegetación mejora el clima de la zona urbana y reduce la contaminación.
- Biotopos para flora y fauna: constituyen microhábitas para insectos, invertebrados y aves.
- Aspectos sociales y sanitarios: la población urbana está constantemente expuesta a las condiciones insalubres del clima urbano, como la contaminación, el ruido y el calor, que afectan de forma física y psicológica a los habitantes. La naturación de los edificios mejora el clima de las ciudades, limpian el aire y protegen del ruido.
- Aspectos estéticos: la vegetación crea ambientes agradables para las personas.
- Aspectos económicos: las fachadas o azoteas verdes son una inversión adicional, pero existe una gran ventaja económica después de algunos años de operación. Si son correctamente construidas, aumentan la durabilidad del edificio y prolongan la vida útil de la impermeabilización de las fachadas. Además actúan como un sistema de aislamiento natural, regulando la temperatura del edificio.

---

<sup>1</sup> Se define la evapotranspiración como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. (CONALEP, s.f.)

Corson-Knowles (2012: 4) define el jardín vertical o muro verde, como un jardín en que la vegetación es plantada horizontalmente por medio de una estructura. Los jardines verticales son versátiles, adaptables y excelente soluciones para incluir vegetación dentro de zonas de espacio reducido. (*Vertical Garden Design*, 2013; Corson-Knowles, 2012). Los sistemas para jardines verticales se dividen en dos grandes categorías según su sistema de cultivo: hidropónicos<sup>2</sup> y no hidropónicos.

Actualmente, el sistema de muro verde más conocido y usado en el mundo fue inventado por el biólogo francés Patrick Blanc. El diseño de Blanc es un sistema hidropónico de membranas que consiste en paneles cubierto en una cara por fibra hidrófila no biodegradable que funcionan como soporte de la vegetación. Las plantas son irrigadas constantemente con agua rica en nutrientes mediante mangueras instaladas en los extremos (Pujana, 2012).



Figura 1. Muro verde del museo Quai Branly diseñado por Patrick Blanc. Fuente: Aryse (2012).

El mercado de muros verdes es copioso en productos funcionales y eficientes como la propuesta de Blanc. Dichos sistemas se pueden catalogar en sistemas *sphagnum*, sistemas de cuadros móviles, sistemas de celdas individuales, sistemas de mallas o fieltro, sistemas *plug-in* y sistemas de paneles de contenedores de sustrato o paneles de sustrato hidropónico (Serramia, s.f.). Sin embargo estos sistemas de muros verdes son productos de lujo inaccesibles para una gran parte de la población y son complicados de usar. Por lo tanto existe un gran campo de trabajo por formular sistemas que sean accesibles tanto adquisitivamente como técnicamente, que tengan la cualidad diferenciadora de placer de uso.

Green y Jordan (2001:3) establecen que el desarrollo de productos tiende a extraer sus datos fundamentales mediante metodologías de ergonomía, de diseño estético y de la ingeniería, que se basan respectivamente en las ciencias biológicas, en el arte funcional y en la física. Pero distinguen que estas metodologías no aportan información sobre la experiencia y placer de nuevos productos.

El diseño emocional prueba ser una estrategia adecuada para abordar la presente necesidad porque parte del estudio de las emociones de los usuarios ante los productos para desarrollar propuestas innovadoras que inciten placer. El diseño emocional como lo plantea Norman (2005: 26) parte de la idea de que los usuarios al interactuar con un objeto tienen una reacción determinada, no solo por el funcionamiento del mismo sino por el aspecto que tiene y por la emoción que despierta. Esta emoción surge con el reconocimiento e identificación del objeto, y trae consigo la experiencia consciente del afecto. El sistema afectivo evalúa de forma consciente o inconsciente y rápidamente realiza juicios de valor en los que discierne lo bueno de lo malo para la toma de decisiones. El efecto es que el sistema afectivo juega un papel fundamental en las acciones de compra de los usuarios.

Por lo tanto estudiar las emociones para el diseño posibilita que se descubren aquellas características de los productos que evocan ciertas emociones o que resultan placenteras a los usuarios, que aplicados a conceptos de diseño apelan directamente al sistema afectivo de los individuos que incita la preferencia por el producto desarrollado.

Bajo este planteamiento, se busca abordar la problemática que se presenta a continuación.

### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cárdenas (2012: párr. 3) menciona que de acuerdo a una proyección realizado por el *World Resources Institute* entre los años 1995 y 2025 los habitantes de zonas urbanas se duplicarán hasta llegar a más de 5 mil millones, de los cuales dos terceras partes de la población mundial vivirá en las ciudades. Adicionalmente, considerando patrones de desarrollo actuales la OECD (s.f.) proyecta que para el año 2050 la contaminación del aire pasará a ser la primera causa de mortandad por medio ambiente, la biodiversidad disminuirá un 10% y la demanda de agua y energía a nivel mundial incrementará en un 55% y 80% respectivamente.

En este escenario de mayor densidad de población en las ciudades e incremento de demanda de recursos surge la necesidad de asegurar la calidad de vida de habitantes de las ciudades sin incrementar el gasto energético.

Dentro de las urbes uno de los problemas asociados con calidad de vida de los habitantes es la falta de áreas verdes, una causa de las islas de calor. Éste fenómeno consiste en el aumento de temperatura promedio de la ciudad debido a la absorción de calor de los materiales de construcción. Dicho efecto altera las condiciones climáticas de la región, cambiando la precipitación y el viento, y provoca estrés térmico en los ciudadanos.

La integración de áreas verdes se ha planteado como una solución para contribuir a mejorar la calidad de vida dentro de las ciudades, porque además de contrarrestar los efectos de las islas de calor,

mejoran la calidad del aire, facilita la recreación y mantienen la biodiversidad urbana. La SEMARNAT (s.f.: párr. 3) menciona que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que se proporcionen nueve metros cuadrados de espacio verde por habitante<sup>3</sup> y que su distribución permita que las personas vivan cerca de alguno de estos espacios.

Al revisar la superficie de áreas verdes urbanas per cápita de unas ciudades en México se puede observar que existen ciudades que no alcanzan el mínimo recomendado por la OMS (ver Figura 2.)

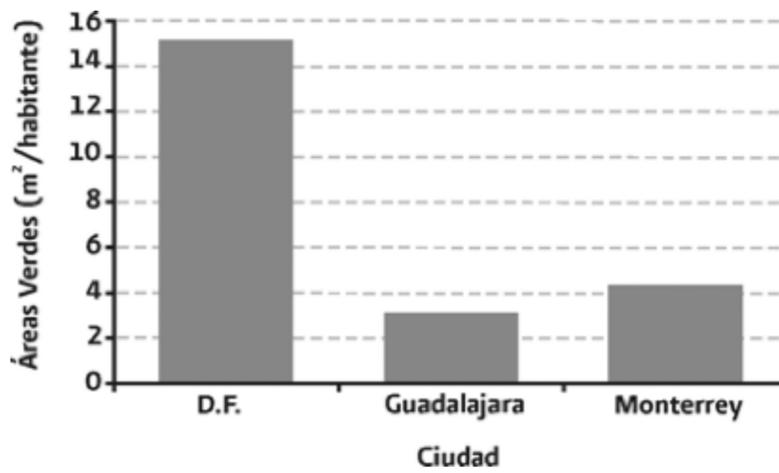


Figura 2. Superficies de áreas verdes per cápita en ciudades dentro de México.

Fuente: SEMARNAT (2012).

La falta de espacio en las ciudades complica la introducción de zonas verdes horizontales, por ejemplo parques. Como alternativa se ha planteado la naturación de edificios, que incluye la instalación de jardines verticales. Los jardines verticales instalados en interiores ofrecen otros beneficios confortables para los usuarios: son estéticos, aumentan la humedad en el área próxima y aíslan del ruido exterior (*Vertical Garden Design*, 2013; Corson-Knowles, 2012).

Como se mencionó, los sistemas de jardines verticales efectivos y funcionales son profusos en el mercado. Los sistemas hidropónicos con tecnologías de monitoreo de las plantas requieren menos tiempo de cultivo y ahorran energía eléctrica, agua y sustratos, ya que se basan en el principio de optimizar recursos y minimizar desperdicios. Mientras que es cierto que estos métodos son buenos a medida que son propuestas sostenibles y eficientes, exigen conocimientos especializados y una inversión significativa que impide a una gran parte de la población usar el producto. Es evidente la necesidad de estimular la implementación de este sistema en México, pero para ello es inexorable la solución de algunos problemas de diseño.

3 Este índice indica el acceso que tienen los ciudadanos a este tipo de espacios públicos.

Es por esto que esta tesis plantea adecuar un sistema de jardín vertical para interior de manera que sea sencillo de instalar y mantener, que no represente una inversión significativa para el usuario. Se plantea que el diseño mismo del sistema facilite la instalación y el uso del jardín vertical. La intención del proyecto es generar un producto más accesible para un mayor número de personas en cuestiones económicas y de conocimiento.

Bajo esto subyace otro problema, el diseño de mecanismos que faciliten la instalación y el mantenimiento del jardín vertical. El tercer problema de diseño es seleccionar una propuesta que tenga un bajo impacto ambiental, mediante la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida (EDACV).

El sistema tiene el potencial de ser implementado en cualquier zona climatológica, porque los espacios interiores posibilitan controlar el ambiente y la luz para que favorezca el crecimiento de las plantas (Lammers, 1949). Por otro lado, sea colocado en espacio público o privado no influye en el diseño del concepto, por lo que el tipo de espacio ni la zona climatológica no son determinantes en la definición del producto. No obstante porque se considera que los individuos se responsabilizan personalmente por el cuidado de plantas y jardines en sus hogares, cosa que no es necesariamente cierto en espacios como restaurantes, plazas o zonas públicas, la investigación se delimitará a hogares.

Con este proyecto en mente, se propuso usar una serie de técnicas que permiten estudiar los jardines verticales y los aspectos perceptivos y emocionales que influyen en los usuarios para realizar el concepto (inmaterial) de un sistema de jardín vertical para interiores con el enfoque de diseño emocional. Además se buscó minimizar el impacto mediante la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida.

Se desarrolló un sistema de jardín vertical accesible en términos económicos y técnicos (de conocimiento) con un método de instalación sencillo que es práctico de mantener. Estas cuestiones definen el producto, pero no se evaluarán como parte de esta tesis. La evaluación de concepto fue únicamente en materia de la emoción y percepción del producto planteado por el enfoque emocional usado.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto planteado tiene aportaciones académicas y objetuales que hicieron de este proyecto pertinente para tema de tesis de ingeniería en diseño. En cuestión de objeto, se propuso el concepto (inmaterial) de una innovación incremental<sup>4</sup> de un sistema de jardín vertical para uso interior. Las mejoras del concepto estuvieron dirigidas en cuestiones emocionales, técnicas y económicas para el mercado mexicano.

---

4 Innovación incremental es definido por Norman y Verganti (2013) como el mejoramiento de un producto dentro de un marco de soluciones dado.

La fortaleza del sistema de jardín vertical a diseñar reside en el enfoque de diseño emocional que se usó. Se aplicaron herramientas de análisis que permiten estudiar e incluir en el producto aquellas sensaciones subjetivas<sup>5</sup> que valoran los usuarios de manera subconsciente para sus juicios de valor y tomas de decisiones (de aceptación o rechazo).

El aporte académico del proyecto es la aproximación de diseño emocional a la conceptualización de sistemas de jardines verticales. No hay registros de que este enfoque haya sido aplicado en el diseño de tales objetos, por lo que la aproximación para el diseño de este tipo de producto es nuevo. Esta misma perspectiva se puede aplicar al diseño de cualquier sistema relacionado con la adopción de mejores prácticas de cuidado del medio ambiente. Por ejemplo en el diseño de azoteas verdes, en sistemas de recolección de basura, o en sistemas de recolección de agua y similares. Estos sistemas por lo regular se diseñan con un enfoque funcional, y rezagan por completo las cuestiones emocionales. Consecuentemente los productos sólo ofrecen su practicidad y funcionalidad como argumento para su adquisición, pero se ha visto que no es suficiente para motivar el consumo de un producto. Con la aproximación de diseño emocional estos sistemas podrían además brindar una buena experiencia o incluso placer de uso, que mejorará la percepción del producto por parte del usuario, y por ende puede funcionar como una estrategia para una mayor aceptación de dichos productos.

El proyecto fue pertinente para un trabajo de ingeniería en diseño porque necesitó la aplicación de conocimientos de la carrera para solucionar un problema en el que intervienen distintas disciplinas. El diseño de jardines verticales requiere una visión integral de productos y espacios, y para su desarrollo son importantes los conocimientos en diseño industrial y diseño de interiores.

## 1.5. OBJETIVOS

### 1.5.1. Objetivo general

Diseñar con criterios de diseño emocional un sistema de jardín vertical para uso interior en México.

### 1.5.2. Objetivos específicos

1. Realizar la segmentación de mercado para el producto.
2. Estudiar la percepción y emoción de los usuarios potenciales acerca de la jardinería y los jardines verticales.
3. Determinar los requerimientos de diseño.

---

<sup>5</sup> De acuerdo con Bonapace (2001: 199) las características subjetivas son aquellas características y reacciones que pueden ser estimados con técnicas de la psicología cognitiva.

4. Conceptualizar una propuesta de sistema de jardín vertical para espacios interiores.
5. Someter a prueba la aceptación afectiva-emocional del concepto.

## 1.6. METAS

1. Realizar la segmentación de mercado para el producto.
  - a. Elaborar y aplicar un cuestionario para delimitar el perfil de usuario a partir de la segmentación por gustos y preferencias.
2. Estudiar la percepción y emoción de los usuarios potenciales acerca de la jardinería y los jardines verticales.
  - a. Aplicar una sesión de grupo a 6 personas que cumplen con el perfil de usuario, para identificar sus hábitos, preferencias y preocupaciones en relación a las variables estética, funcionamiento, precio y prospectiva de uso de un sistema de jardín vertical.
  - b. Diseñar y aplicar una guía de discusión y guía de observación para la sesión de grupo.
  - c. Realizar el reporte de la sesión de grupo usando como técnica el análisis de contenido.
3. Determinar los requerimientos de diseño.
  - a. Describir en una tabla comparativa el tipo de cultivo, mecanismo de instalación y funcionamiento de los principales sistemas de jardín vertical que se ofrecen en la ciudad de México.
  - b. A partir de entrevistas con al menos dos especialistas definir la revisión bibliográfica para identificar y enlistar las plantas que se pueden plantar en el sistema.
  - c. Elaborar la lista de requerimientos funcionales, estéticos (emocionales), estructurales, de mercado (costos) y normativas y legales, en función de la información obtenida del análisis comparativo de propuestas similares, la encuesta a personas con gustos por la jardinería, la lista de plantas a utilizar en el sistema y la sesión de grupo.
4. Conceptualizar una propuesta de sistema de jardín vertical para espacios interiores.
  - a. Realizar la selección de un concepto a partir de la lista de requerimientos.
  - b. Realizar una selección preliminar de materiales para el concepto seleccionado siguiendo la metodología propuesta por Ashby (2005).

- c. Realizar la evaluación de diseño con base al análisis de ciclo de vida de producto a un concepto seleccionado, a partir del software especializado *Solidworks* que mide las siguientes variables: huella de carbono, energía total consumida, acidificación atmosférica y eutrofización del agua.
- d. Dibujar los planos descriptivos del producto, y realizar imágenes del concepto integrado en un espacio.

#### 5 Someter a prueba la aceptación afectiva-emocional del concepto.

- a. Aplicar una sesión de grupo a 6 personas que cumplen con el perfil de usuario, para evaluar el concepto a partir de dos variables: la estética y prospectiva de uso.
- b. Diseñar y aplicar en la sesión de grupo los siguientes instrumentos para medir las variables de estudio: guía de discusión, guía de observación de expresiones faciales y escalas de actitud en forma de cuestionario.
- c. Realizar el reporte de la sesión de grupo usando como técnica el análisis de contenido.

## 1.7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema se siguió la metodología de *Design Thinking*, planteada por David Kelly. Más que una metodología lineal, Brown (2008:5) la describe como un sistema de espacios de actividades que en conjunto propician la innovación. Principalmente distingue tres espacios en los que se reúnen las etapas del método: Inspiración, Ideación e Implementación. La inspiración, sea un problema, una oportunidad o ambos, motivan la investigación para la búsqueda de soluciones; la ideación es el procesos de generar, desarrollar y evaluar ideas que pueden dar las soluciones; e implementación donde se determinan los métodos de producción y las vías de introducción del producto al mercado. Por objetivos de la tesis, sólo se abordará hasta la etapa de ideación.

Cuatro etapas de la metodología, la observación, entendimiento, definición, e ideación serán detalladas a continuación.

### Inspiración

1. Observación: Realizar una tabla comparativa de productos existentes (máximo diez) en el mercado de jardines verticales mexicano para determinar los sistemas de cultivo predominantes y sus características funcionales generales.

Elaborar una investigación de campo en el vivero de la Universidad Tecnológica de la Mixteca con los especialistas en botánica y complementarla con investigación bibliográfica para enlistar los tipos de plantas que podrían ser utilizados en el sistemas. Esta investigación fijará unos

requerimientos funcionales que requiere cumplir el sistema, como profundidad de maceta, características de filtración, etc.

Finalmente se realizará una encuesta a personas que tienen intereses en jardinería. Esta encuesta tiene el objetivo de definir el perfil del mercado meta y observar sus características generales. Se buscará responder preguntas como: ¿Qué características tiene el mercado potencial? ¿Cuánto tiempo pueden destinar al cuidado de las plantas? ¿Cuáles son las características generales de instalación que debe de cumplir el sistema? y ¿Qué precio están dispuestos a pagar para un jardín vertical?

2. Entendimiento: Realizar una sesión de grupo con 6 personas, usando como material 2 imágenes de jardines verticales. Las personas seleccionadas deberán cumplir con el perfil definido como resultado de las encuestas. Bonapace (2004:202) recomienda incluir entre 5 a 6 individuos en la exploración de los aspectos placenteros de los objetos en el mercado. Se deben hacer las siguientes consideraciones:

- Las personas a participar debe representar el mercado meta como su totalidad, esto es, que deben cumplir con las características del perfil definido y también las variaciones de ellas.
- El grupo debe ser clasificado por sexo y edad, conforme al perfil definido.
- No deben ser especialistas en el producto que se está diseñando.
- Deben tener un sentido crítico y capacidad de imaginar situaciones reales.

El objetivo es estudiar a profundidad la percepción y emoción del grupo delimitado respecto a los jardines verticales y la jardinería.

3. Definición: Definir una lista de requerimiento de diseño, considerando las necesidades detectadas. Los rubros que debe incluir la lista de requerimientos son: funcionales, estéticos (o emocionales), estructurales, comerciales (costos) y normativas o legales.

## Ideación

4. Ideación
  - a. Desarrollar bocetos.
  - b. Evaluar y elegir un concepto en función de la lista de requerimientos de diseño correspondiente.
  - c. Realizar una evaluación de diseño con base en base la evaluación de impacto de ciclo de vida del concepto seleccionado usando como herramienta *Computer Aided Engineering* (CAE).

- d. Realizar las imágenes de concepto de los productos.
- e. Evaluar los conceptos con las imágenes desarrolladas, mediante una sesión de grupo aplicada a 6 usuarios potenciales y video grabando las sesiones para observar y estudiar la percepción y emoción que provoca en los usuarios. Bonapace (2004:203) recomienda entre 5 y 6 personas para participar en este tipo de evaluación. Los criterios de selección de los individuos son los mismos que la primera sesión de grupo. Se considerará un indicador de expresiones faciales mediante la video grabación de la sesión para usar la técnica de observación no participante. Se analizará las expresiones faciales para determinar el agrado, desagrado o indiferencia de los individuos respecto a las imágenes.
- f. Realizar los planos descriptivos del producto, indicando medidas, materiales, proceso de producción finales y especificaciones constructivas.

El proyecto requiere que se consideren las necesidades y las características perceptuales y reflexivas de los usuarios. Esta metodología permite el planteamiento de requerimientos objetivos y subjetivos, así como el análisis de los elementos necesarios del diseño en cuanto a materiales y construcción. Por cuestiones de tiempo y orden, se ha planteado como un proceso lineal, pero es una metodología reiterativa y no lineal, lo que da la flexibilidad de comenzar desde cualquier punto y de volver a revisar cualquiera de las etapas en el caso de ser necesario.

A continuación se presenta un diagrama de flujo de la metodología explicada.

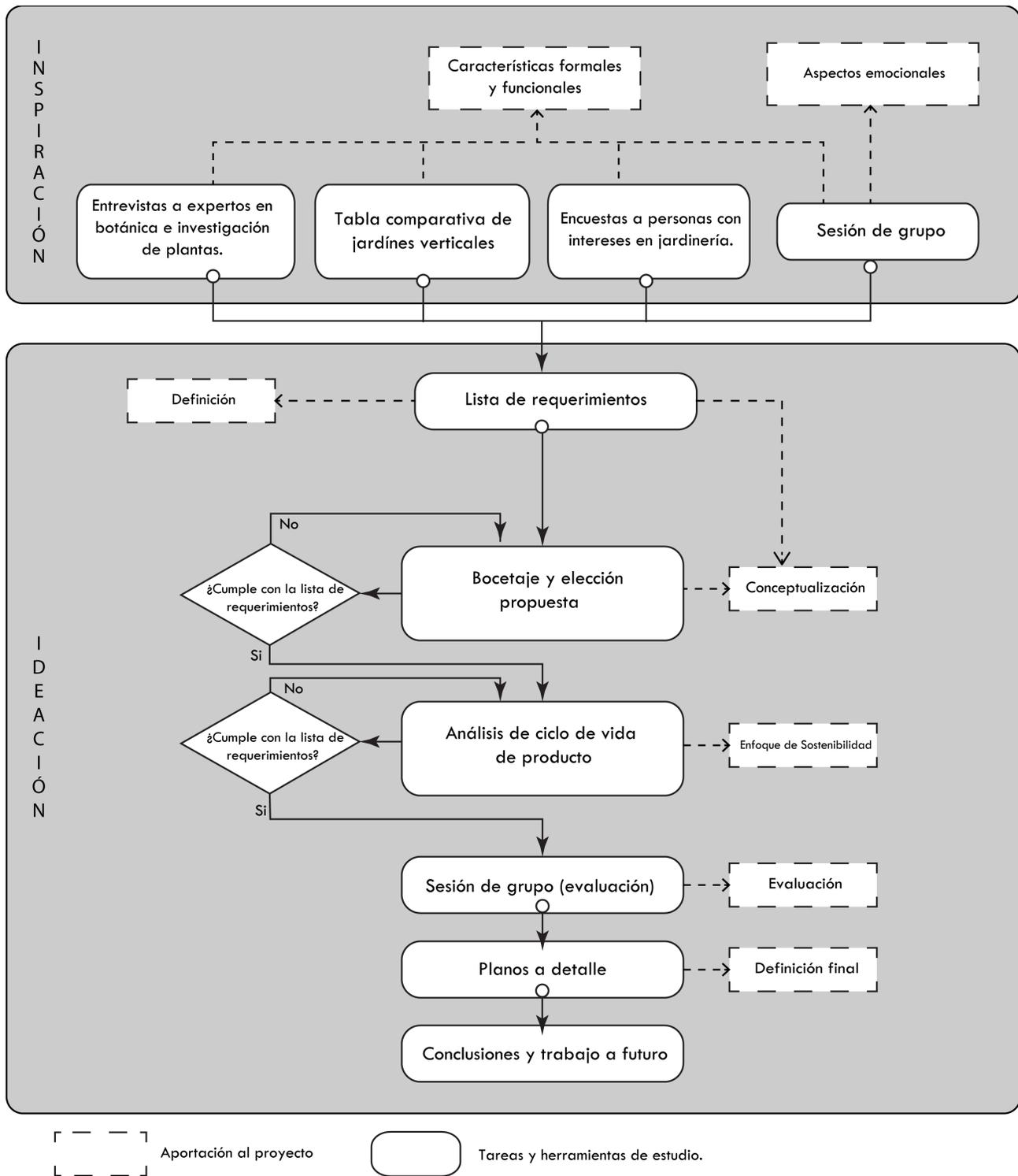


Figura 3. Diagrama de flujo de metodología usada en la tesis. Se indican cada una de las tareas y herramientas de estudio a usar y sus aportaciones al proyecto, agrupadas por espacio de actividad (inspiración e ideación). Fuente: Elaboración propia.

# MARCO CONCEPTUAL

---

---

El proyecto de generar un concepto de jardín vertical aplicando el enfoque de diseño emocional se enmarca dentro de dos temáticas principales: el diseño emocional y el diseño de producto. A continuación se revisan unos conceptos generales y metodologías básicas que fundamentan y guían el proyecto de tesis en estos temas con el objetivo de establecer una base teórica sólida para el proceso de investigación y conceptualización, que contribuya a proponer un producto que responda a las necesidades particulares de un grupo establecido y a la correcta articulación de la forma y del concepto.

## 2.1. DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTO

El constructo del entorno es fundamental en la vida actual, nos vemos inmersos entre espacios y objetos que cubren diversas necesidades. El incentivo a la actividad humana para configurar su entorno es la deficiencia que guía una conducta, lo que implica que existe una necesidad cuya satisfacción se concreta en una solución material o inmaterial.

Como solución material ante las necesidades existentes, se pueden identificar los objetos de uso. Para Löbach (1976) los objetos de uso son “ ideas objetualizadas con fin de eliminar tensiones provocadas por necesidades.” (p. 33). Los objetos de uso pueden ser objetos productos artesanales (aquellos de fabricación manual) y productos industriales fabricados para cubrir una necesidad de un gran número de personas. Dados las funciones de los objetos y la relación que tienen las personas con ellos, Löbach (1976) clasifica los objetos o productos industriales de la siguiente manera:

- Producto de consumo. Son productos que ya no existen una vez que han sido consumido.
- Producto de uso I: productos para uso individual. En los productos para uso individual existe una estrecha relación entre persona y objeto. La tarea del diseñador es configurar un producto para facilitar esta la relación. Ejemplos de estos productos son plumas, lentes, billeteras, llaveros, teléfonos celulares entre otros objetos de uso personal.
- Producto de uso II: producto para uso por determinados grupos. Esta categoría engloba a los productos que son utilizados por un grupo de personas que se conocen entre si. La relación persona-objeto es más distante, y no cuenta con una conciencia individual de la copropiedad de estos productos.

Dentro de esta categoría, se puede considerar a las pantallas, lavadoras, mesas, ya que son productos que se usan por más de una persona.

- Producto de uso III: productos con los que el público apenas tiene relación. Son productos que las personas en su mayoría no se relacionan y que poseen principalmente una función práctica, como las turbinas de una central eléctrica y el sistema de alumbrado público.

En la clasificación de Löbach (1976), el producto es únicamente el objeto material que responde a las necesidades de uno o varios usuarios. No obstante el concepto de producto en la actualidad comprende un sentido más amplio.

Ulrich y Eppinger (2009) definen al producto simplemente como “algo vendido por una empresa a sus clientes” (p. 2). De manera más detallada Lerma Kirchner (2004) lo define como aquel objeto tangible o intangible concretado por el trabajo humano que satisface las necesidades o deseos de los consumidores y que proveen las empresas o instituciones.

Derivado de las definiciones se identifica que el elemento esencial de un producto es la necesidad que el consumidor requiere satisfacer y que un grupo externo, sea empresa o institución, busca solucionar y que ofrece en venta.

El objeto de venta o producto que cubre una necesidad puede ser un bien o servicio. Para Lerma Kirchner (2004) “(...) un bien es un objeto material o inmaterial que equivale a una utilidad a la persona. Un servicio es una acción o trabajo que las personas sacan provecho.” (p.16)

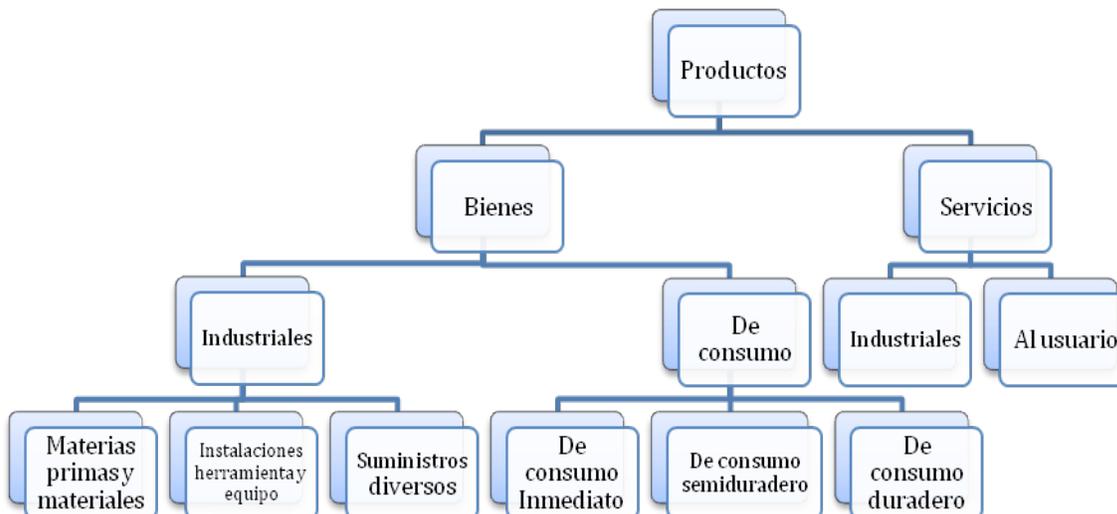


Figura 4. Clasificación de productos. Fuente: Lerma Kirchner (2004).

Comparado a la concepción de Lobäch mencionado con anterioridad, las definiciones de producto incluyen tanto objetos tangibles como intangibles (servicios), y la definición pasa de ser en un sentido de uso a un sentido de objeto de venta.

A raíz de lo precedente, en esta tesis se entiende por producto a aquel objeto, tangible o intangible, que satisface una necesidad y que puede ser un objeto de venta de una empresa.

Un producto no es únicamente conformado por el objeto mismo que cubre una necesidad, sino que tiene varios niveles de estructura que engloba todo lo que viene con él y que es ofrecido por el vendedor. Lerma Kirchner (2004) distingue tres niveles de estructura de productos:

- **Producto Esencial:** es el objeto o servicio básico que cubre la necesidad del consumidor. Se refiere a la funcionalidad, el tamaño y la calidad de lo que las empresas están ofreciendo.
- **Producto Ampliado:** son los elementos físicos y observables sin funcionalidad adicional, para satisfacer las necesidades que ataca el producto. Se considera como el producto ampliado al envase y embalaje, la presentación, el diseño gráfico y la marca.
- **Plus:** son todas las características que buscan dar un atractivo mayor a un producto, por ejemplo las funciones secundarias de un producto, las garantías, el servicios de crédito, productos adicionales, etc.
- **Producto Total:** Es el nivel que integra los niveles anteriores.

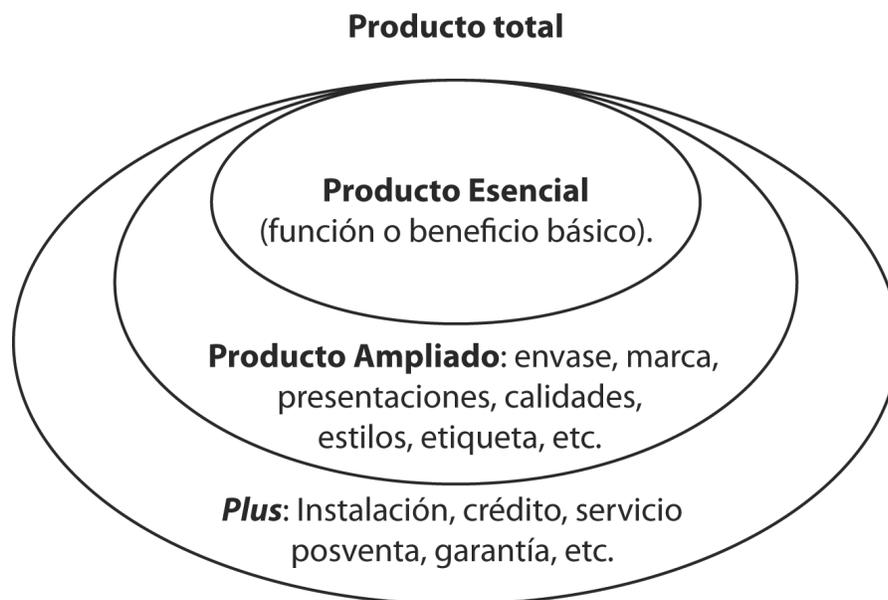


Figura 5. Niveles de Estructura de un Producto. Fuente: Lerma Kirchner (2004:19).

Los niveles de estructura revelan que un producto no debe ser entendido como únicamente el objeto o servicio que una empresa ofrece para satisfacer una necesidad identificada, sino que engloba todos los elementos que se relacionan en diferente medida con el producto esencial que satisface la necesidad.

Las formas de los objetos, acorde con Rodríguez Morales (2004) son conformados por los vectores intrínsecos de expresión, función, tecnología y comercial. Estos aspectos siempre están presentes en el resultado o la síntesis final de un producto, incluso a pesar de no haber sido estudiado de esa manera.

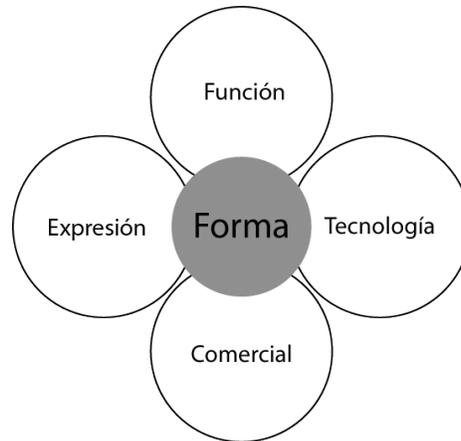


Figura 6. Vectores de la forma. Fuente: Rodríguez Morales (2004: 66).

Un concepto determinante en la configuración de un producto es el lenguaje del producto, que surgió en la década de los ochentas. El concepto sostiene que el diseño, al igual que el lenguaje, tiene la capacidad de impartir y explicar la realidad. Los productos vienen a comunicarse a través de un lenguaje propio, que análogo al lenguaje, no es uniforme, es altamente diferenciado y tiene sus propias reglas de uso. Es precedido por el concepto de Theodor Ellinger sobre información del producto, que fue definido como la capacidad de un producto de comunicar información sobre si mismo en el mercado (Bürdek, 2005). El lenguaje del producto se puede transmitir mediante recursos sencillos de diseño como materiales, formas, colores, y signos; o por recursos complejos como principios de función, construcción de principios históricos de solución de problemas y partes de producto.

Es esta capacidad de comunicación de información de los productos que da un valor agregado semántico que actúa como diferenciador en el mercado. Encontrar este diferenciador ha sido la actividad del diseño industrial desde 1980. Concebido como un proceso de comunicación, la teoría de diseño se ha construido de manera que busca desarrollar un lenguaje no verbal de diseño, rescatando conceptos de semiótica, hermenéutica y fenomenología para la construcción de significados de productos (Bürdek, 2005).

La tesis se enfocó al diseño del producto esencial, sin embargo las investigaciones a realizar revelaron cuestiones a considerar para el producto ampliado y *plus*, de manera que estableció las bases para formular un producto total. Es importante notar el lenguaje de los productos porque fundamenta la aplicación del diseño emocional, la estrategia seleccionada para el desarrollo del concepto del producto. Las herramientas seleccionadas para el desarrollo de este proyecto buscó estudiar cada uno de los vectores del objeto (función, expresión, tecnología y mercado) para proponer un producto adecuado.

### 2.1.1. Desarrollo de Producto

Como resultado de las investigaciones de este proyecto, se desarrolló un producto hasta la etapa de concepto. Unas definiciones de desarrollo de producto son:

- “El conjunto de acciones que tienen como fin la creación de nuevas satisfacciones y/o la actualización de satisfactores existentes (...) con el fin de comercializar para obtener: A) La satisfacción de las necesidades o deseos de los consumidores. B) Generar ingresos para que las empresas puedan operar, actualizarse y crecer.” (Lerma Kirchner, 2004:2)
- “Una serie de pasos o actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un producto.” (Ulrich et al., 2009:14).

Es decir, el desarrollo de producto es el conjunto de actividades y procedimientos que se realizan para producir y comercializar un producto. Las actividades del proceso varían según el modelo planteado. Por ejemplo el modelo genérico de desarrollo de producto propuesto por Ulrich *et al.* (2009) es conformado por seis fases: planeación, desarrollo de concepto, diseño a nivel sistema, diseño a detalle, pruebas y refinamiento e inicio de producción. Sin embargo el proceso de Lerma Kirchner (2004:124) presenta un modelo estándar con once pasos, que consiste en:

- Detectar oportunidades en el mercado, esto se refiere a las necesidades y deseos de los consumidores.
- Generar ideas con respecto a nuevos productos o mejoras a productos existentes.
- Tamizado de las ideas generadas.
- Diseño de los productos.
- Análisis y evaluación del diseño.
- Formulación de estrategias de mercadotecnia.
- Análisis y evaluación comercial.
- Producción de prototipo o lote inicial.
- Evaluación física del producto.
- Prueba de mercado.
- Lanzamiento e introducción.

Ambos modelos exigen investigación de necesidades y oportunidades de mercado, integran procesos de análisis de información, de conceptualización y de selección de propuestas, y finalizan con el lanzamiento del producto en el mercado.

Tanto Ulrich *et al.* (2009) como Lerma Kirchner (2004) consideran que el desarrollo de productos es una actividad o tarea compleja que requiere la participación de varias disciplinas para asegurar la calidad del producto, como mercadotecnia, diseño y manufactura y pueden intervenir otras disciplinas dependiendo de las necesidades del producto.

Para el desarrollo de productos, Ulrich *et al.* (2009) determina las siguientes dimensiones a considerar:

- Calidad de producto: evalúa si el producto satisface las necesidades del cliente y los usuarios, si es confiable, si refleja los valores intencionados y si corresponde a lo que están dispuestos a pagar los consumidores.
- Costo de producto: incluye el costo por unidad, la herramental para la producción y el costo de incremento por cada unidad.
- Tiempo de desarrollo: influye directamente en el tiempo de respuesta a la competencia y al desarrollo tecnológico.
- Costo de desarrollo.
- Capacidad de desarrollo: se refiere a la ventaja competitiva para la eficiencia y economía.

En la tesis, se consideró principalmente la dimensión de calidad de producto puesto que las demás dimensiones dependen de la empresa productora del objeto y otros factores externos al diseño del producto.

En el proceso de conceptualización, la arquitectura de producto es un concepto fundamental a considerar. Ulrich *et al.* (2005) lo define como “el esquema por el cual los elementos funcionales del producto se disponen en componentes físicos y por medio de los cuales interactúan dichos componentes.” (p. 165).

La arquitectura de producto es la definición de este en términos funcionales y físicos que explica el funcionamiento de un producto en su totalidad. Por tanto se define mediante la detección de los elementos funcionales y elementos físicos que lo componen. Los primeros son las operaciones y las transformaciones individuales que contribuyen al funcionamiento total del producto, mientras que los elementos físicos son las piezas, componentes o subensambles parciales que en una última instancia activan las funciones del producto (Ulrich *et al.*, 2005).

Un producto puede tener una arquitectura de tipo modular, integral o mixta. En una arquitectura modular, la interacción entre los componentes está bien definida y por lo general los componentes son fundamentales para las funciones primarias del producto. La arquitectura modular permite realizar cambios en el diseño de algún componente sin que se tenga que modificar los otros componentes,

y se pueden diseñar de forma independiente entre ellos. La arquitectura integral es antagónica a la arquitectura modular. En una arquitectura integral, los elementos funcionales se accionan utilizando más de un componente o un solo componente puede accionar muchos elementos funcionales. Además las interacciones entre los componentes no están bien definidos. Una arquitectura mixta, comprende ambas configuraciones.

Cuando se define la arquitectura de producto, a menudo son diseñados tomando en cuenta el desempeño más alto. “La arquitectura de producto está intrínsecamente relacionado con las decisiones sobre las capacidades en la estrategia de marketing y manufactura de administración de desarrollo del producto” (Ulrich *et al.*, 2005:167).

Para establecer la arquitectura del producto Ulrich *et al.* (2005) sugiere crear un diagrama esquemático que represente el entendimiento general del funcionamiento del producto y que posteriormente se agrupe los elementos del diagrama esquemático según la función, la localización al cambio, la similitud de tecnología de diseño o producción, la integración de productos o por la precisión geométrica. A partir de eso se realiza un diagrama simple de la disposición geométrica donde se localiza espacialmente la ubicación de los componentes y finalmente se identifican las interacciones fundamentales, aquellos conectados entre sí, e incidentales, que surgen por la implementación física entre elementos.

En el proceso de conceptualización de producto, además de la arquitectura de producto se considera con frecuencia el concepto de ciclo de vida de producto. García (2009) considera que se debe tomar en cuenta el ciclo de vida en el diseño de productos para asegurar que estos logren integrarse en el medio ambiente. Este modelo de ciclo de vida de producto comienza con el suministro de recursos para la producción y fabricación de los productos, cuando el consumidor adquiere y usa el producto, éste pasa a ser consumido. A lo largo del proceso se desprenden residuos. Cuando un producto es desechado, puede pasar a ser reciclado y entrar otra vez a la cadena de producción como recurso o puede entrar al medio ambiente como desperdicio en vertederos o cuerpos de agua.

Otro modelo de ciclo de vida de producto con enfoque en el material es presentado por Kamrani, Azimi y Al-Ahmari (2013) que es considerado en el diseño sostenible y en el eco-diseño. Similar al modelo de García, considera los flujos materiales pero es dividido por las fases de desarrollo-uso del producto. Considera 5 fases: fase de pre-producción, fase de manufactura, fase de transportación/distribución, fase de operación/uso, y fase de desecho. La fase de pre-producción es la etapa donde se procesan los materiales crudos para prepararlos para la fase de manufactura. Cuando han sido preparados los productos en la fase de manufactura, estos son distribuidos a los lugares de operación en la fase de transportación y distribución. La fase de operación/uso es la etapa en la que el producto es usado por el consumidor y cuando ha cumplido su función es finalmente desechado. En la fase de desecho se dividen los materiales en los que se pueden reutilizar y los que no.

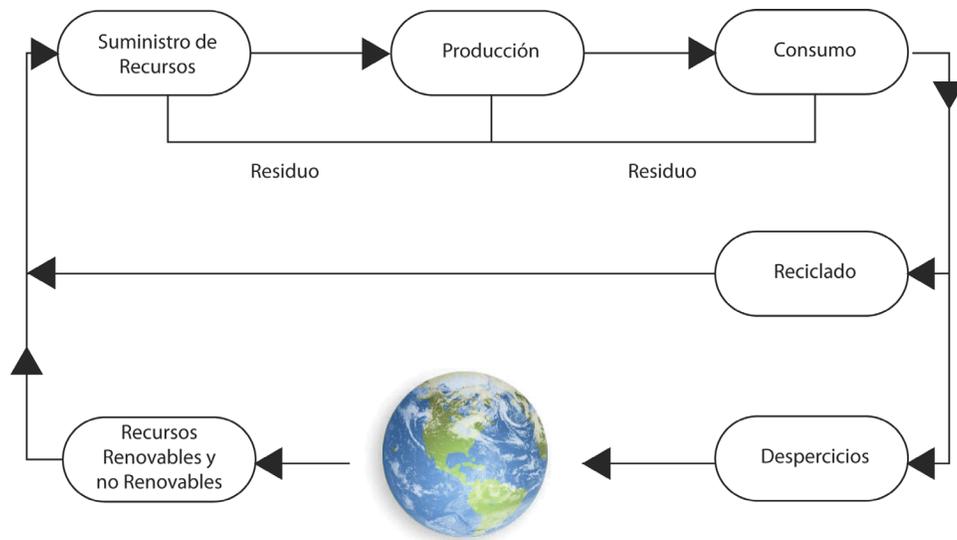


Figura 7. Ciclo de vida físico del producto según García. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de desarrollo de productos permite establecer una guía práctica que se puede seguir para introducir un producto al mercado de la mejor manera posible. Como se ha visto con anterioridad, el proceso integra diversas áreas, desde ingeniería, marketing y gestión de proyectos, y compromete una serie de actividades que ayudan a la definición del producto para que la producción, distribución y venta sean factibles. Para ello, los conceptos como el ciclo de vida del producto y arquitectura del producto son aspectos fundamentales para definir como parte de la conceptualización de un producto.

Independiente al proceso de desarrollo de producto que se sigue, existe una gran variedad de enfoques de conceptualización de productos. La tarea de diseñar puede seguir una o varias estrategias de diseño según los objetivos que se busca cumplir.

La estrategia de diseño que enmarca el proyecto es en primer lugar el diseño emocional y en segunda instancia el diseño ecológico. A continuación se aborda el tema de diseño ecológico, mientras que el diseño emocional se profundiza en una sección independiente.

### 2.1.2. Diseño ecológico

En la literatura, hay mucho que se escribe sobre el enfoque de diseño sostenible y el diseño ecológico. Muchos autores indican que el diseño ecológico es sinónimo al diseño sostenible (Kamrani *et al.*, 2013; Ruggles, Phansey y Linder, s.f.) o usan términos como diseño ecológico sostenible (Horne, Grant y Verghese, 2009), todo para referirse a las prácticas ecológicas y estrategias de disminución de impactos ambientales que se toma en la actividad del diseño para la producción o construcción.

No obstante, el concepto de sostenibilidad no trata únicamente los aspectos ecológicos, sino que necesariamente integra factores económicos y sociales. (Ruggles *et al.*, s.f.).

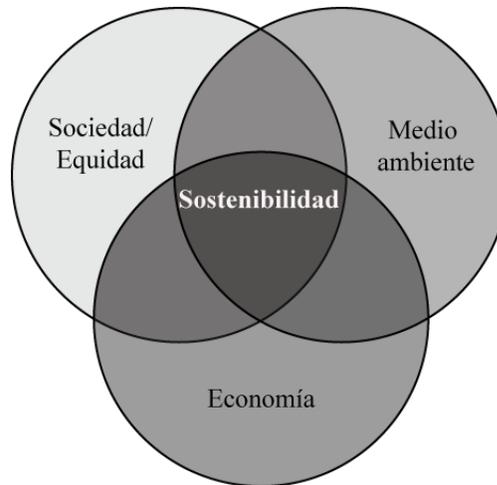


Figura 8. Esquema de sostenibilidad. Fuente: Ruggles *et al.*, (s.f.).

Por tanto se observa que si se ha de hablar de diseño sostenible, se debería considerar estos otros dos factores también como parte de las consideraciones que determinan el proceso de diseño y desarrollo de un producto.

El argumento por tratar el término diseño sostenible como sinónimo del diseño ecológico es que si se abordan los problemas medioambientales, necesariamente se influye en cuestiones económicas y sociales (Ruggles *et al.*, s.f.), porque las aplicaciones de cualquier actividad productiva influye en el desarrollo económico y porque el disminuir impactos en una región necesariamente mejora las condiciones del lugar. Es decir, se asume que implementar estrategias de disminución de impactos influye directamente en la mejora de las condiciones económicas y sociales de espacios donde los sistemas son implementados.

Sin embargo mientras que es cierto que una buena economía y una buena sociedad se fundamentan sobre una buena ecología (Ruggles *et al.*, s.f.), las implicaciones sociales y económicas dependen también de otros factores externos al ambiente. Que se apliquen buenas prácticas ecológicas no implica que se usen buenas prácticas sociales. Así mismo se ha observado cada vez más que el comportamiento humano juega un papel importante en el avance del desarrollo sostenible (Cummins, 2012, Avramova y Van Trijp, 2014).

Si los factores sociales y económicos no han formado directamente parte de la conceptualización de un producto entonces sería incorrecto hablar de diseño sostenible, pues sólo se abarca un aspecto del concepto de sostenibilidad: el medio ambiente. Por tanto en la tesis se realiza la distinción conceptual entre diseño ecológico y diseño sostenible. Se refiere que el diseño ecológico como aquella estrategia de diseño que implementa prácticas ecológicas y principios de disminución de impactos ambientales en las actividades de productivas. En cambio el diseño sostenible se define entonces como una ampliación del diseño ecológico, en que además de tener consideraciones ecológicas, integra consideraciones sociales y económicas que definen el concepto de un producto.

Uno de los retos más acuciante de la actualidad es el deterioro acelerado y conspicuo del medio ambiente observado en las últimas décadas. La alteración del ciclo global de carbono, la modificación del ciclo del nitrógeno, del fósforo y del azufre; la interrupción de los flujos naturales de los ríos, la destrucción de los ecosistemas y la modificación drástica de la cobertura de la tierra, entre otros, son problemas que derivan de la actividad humana que se buscan tratar a nivel mundial (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012).

El problema medio ambiental fue identificado como asunto de importancia internacional en 1972 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrado en Estocolmo. A partir de entonces se comenzaron a integrar estrategias de cuidados medioambientales dentro de los planes de desarrollo y se incrementó el trabajo científico y el desarrollo tecnológico en esta materia.

Posteriormente en el informe de Burtland, generado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en 1983, se concluyó que para asegurar un desarrollo sostenible, es decir “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012, p. 510), es imperioso proteger el medio ambiente de forma paralela con el crecimiento económico (Naciones Unidas, 1997).

Por el informe se convocó la conferencia de las Naciones Unidas y el desarrollo en 1992, donde se acordaron 3 grandes acuerdos: el Programa 21, un plan de acción nacional para promover el desarrollo sostenible, la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente donde se procuran una serie de principios que definió los derechos civiles y obligaciones de los estados, y el Desarrollo y la Declaración de Principios y Bosques.

A partir del reconocimiento del desgaste ambiental a causa de la actividad humana y los acuerdos internacionales establecidos, se intensificaron las actividades en diferentes áreas y materias por acometer medidas que contribuyeran al enfrentamiento de los diversos problemas medioambientales. Se crearon nuevos marcos legales y medidas económicas que estimulan la incorporación de consideraciones ambientales en los sistemas productivos y se fomentó la unificación de la legislación ambiental para evitar conflictos entre las diversas políticas del estado. Las acciones han potencializado las empresas industriales responsables con el medio ambiente tanto en el sector público como el privado (Viñolas Marlet, 2005).

Unos de los estímulos incorporados que han impulsado a las empresas del sector industrial a adoptar prácticas eco-amigables son las etiquetas ecológicas y las declaraciones de productos (EPD por sus siglas en inglés por *Environmental Product Declarations*) (Viñolas Marlet, 2005).

La etiqueta ecológica o también conocida como eco-etiqueta, es una herramienta económica que tiene el objetivo de favorecer el desarrollo y comercialización de productos que reducen el impacto

medioambiental. Es un mecanismo que en base a la distinción de un producto ante sus similares por la inclusión de prácticas ecológicas, concede un valor añadido a los productos que los consumidores prefieren, siendo que se han robustecido la conciencia ecológica, de manera que se convierte en un diferenciador en el mercado que rentabiliza y propicia la inclusión de medidas ecológicas en la industria.

Los programas de eco-etiquetas definen claramente su área de pertinencia y aplicación, y son respaldados por criterios comunes y científicos con controles oficiales. Debido a las dificultades para suponer el impacto ambiental de un producto en todas sus fases, típicamente se concentran al problema más grave con el que se asocia el producto.

Un ejemplo son las etiquetas Punto Verde que se otorga a los envases y residuos, con prácticas sostenibles, y el FSC que identifica las maderas y los productos elaborados a partir de ellas que usan criterios de protección de las masas forestales.



Figura 9. Etiquetas de Punto verde y FSC respectivamente. Fuente: Viñolas Marlet (2005, p. 179).

Mientras que la eco-etiqueta se dirige a los consumidores, las declaraciones de productos (*EPD's*) se enfocan en la industria. Es un sistema de reporte regulado por la organización internacional de normalización ISO que permite la comunicación de los impactos ambientales de los productos entre empresas. Un EPD es un documento verificado externamente, que sigue las estipulaciones del ISO 14025, que regula las declaraciones ambientales en base al análisis de ciclo de vida de producto, y las reglas de categorías de producto.

Ante la necesidad de cumplir con las nuevas condiciones generadas por las modificaciones en normativa y la implementación de diversos incentivos, la industria está evolucionando de manera que la concepción misma de los productos y la actividad productiva se aparta del esquema tradicional de producción y se inclina a seguir un sistema más sostenible.

El esquema tradicional de producción consideraba que la actividad humana no tenía la capacidad de ejercer un efecto en su ambiente, concebía la materia infinita y el tiempo lineal. La nueva concepción de proceso productivo ecológico sigue procesos circulares cerrados, inherentes a los procesos biológicos, con el objeto de mantener la continuidad y la retroalimentación global. El esquema busca

mantener la totalidad de la materia y energía en el interior del sistema para conseguir autosuficiencia. La materia es reincorporada al sistema en cualquier etapa del trayecto y una vez que la materia no pueda ser reintegrada al sistema de producción, pasa por una fase de tratamiento para ser reincorporado en medio (Viñolas Marlet, 2005).

Desde la perspectiva de Viñolas Marlet (2005) existen cuatro niveles de intervención en las que los valores de protección al medio ambiente y el proceso productivo ecológico, son reflejados en el diseño de productos:

- **Maquillaje ambiental:** Consiste en mejorar la imagen de una empresa o producto que magnifica algún aspecto de cierto interés ecológico cuando realmente no es tanto como se pretende, la mejora en la reducción de los impactos realmente no existe y se busca comunicar al público unos valores añadidos inexistentes. El aspecto positivo de esta primera intervención es que puede generar en un futuro niveles de intervención más elevados.
- **Rediseño ecológico:** Es el primer nivel en el que se busca modificar los productos y los servicios actuales para que resulten más respetuosos y eficientes, que reduzca el consumo de recursos y energía y optimice su aprovechamiento. Son productos que presentan una apariencia similar a los productos convencionales y pueden implementarse en el mismo mercado sin que tengan que producirse variaciones en precios. Además la demanda respondería como mínimo, con los consumidores de los productos convencionales.
- **Nuevos ecoproductos:** En un segundo nivel, la idea es crear nuevos productos y servicios inexistentes en el mercado actual y considera los parámetros medioambientales y las motivaciones ecológicas para integrarlos a los procesos de proyectación. La eco-eficiencia es entonces el objetivo primordial en la estrategia proyectual. Siendo que los usuarios conservan los mismos modelos de comportamiento, los nuevos productos vienen a anticipar y fomentar nuevos hábitos alternativos más responsables.
- **Ecoproducto de una sociedad en transición.** Este último nivel es una estrategia que busca anticipar a una situación hipotética en la que supuestamente ya se habría producido una evolución social global hacia el cuidado del medio ambiente. Implica mayor riesgo para la empresa, pero le permitiría convertirse en referencia para las demás.

Ruggles *et al.* (s.f.) se refiere a 3 niveles de intervención de rediseño de un producto, parecidos a los anteriores pero excluye el maquillaje ambiental, que considera la optimización de sistemas existentes, la alteración de un sistema existente y el rediseño de un sistema completamente nuevo.

Hay varias estrategias para alcanzar las intervenciones mencionadas (Viñolas Marlet, 2005; Kamrani *et al.*, 2013), que funcionan como guías y principios que conducirán a la reducción de impactos

ambientales. Viñolas Marlet (2005) distingue 5 grupos que considera condicionantes derivadas de las múltiples interacciones entre materiales, energías, espacio y tiempo, así como factores vinculados a la dimensión ambiental:

- Diseño para la conservación de la energía.
- Estrategias relacionadas con los materiales: menciona consideraciones como evitar usar escasos recursos y enfocarse a usar materiales renovables de forma eficiente. También menciona técnicas como maximizar procesos de reciclado, evitar sobredimensionar en cantidad y calidad, reducir tamaño y peso y minimizar heterogeneidad. Incluye el diseño para la reciclabilidad, la desmaterialización de los productos y la biodegradabilidad.
- Diseño para la minimización de residuos: en todas las fases de la producción del producto se busca minimizar residuos. Una buena política de minimización de recursos contribuye a la disminución de costes económicos. En combinación con reciclados “en origen” es una de las prácticas ecológicas más rentables.
- Estrategias constructivas: tales como diseñar para reparabilidad, remanufactura y autosuficiencia.
- Estrategias conceptuales y relacionadas a las prestaciones: como estrategias del diseño para durabilidad y perdurabilidad, la reutilización y usos alternativos, multifuncionalidad y adaptabilidad.

En el proceso productivo ecológico, la reducción del impacto ambiental es el eje central del desarrollo de productos. Se busca identificar cómo el material y la energía involucrado durante el ciclo de vida del producto se puede minimizar para alcanzar el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), que es cuando los insumos para producir el producto es igual o menor que la regeneración de los recursos (Viñolas Marlet, 2005).

Se han generado varias evaluaciones de impacto ambiental. Acomodados de mayor a menor subjetividad y de menor a mayor costo y precisión, la tabla 1 presenta unas evaluaciones y herramientas que se usa en la industria para considerar el impacto ambiental en diversas etapas de desarrollo (Ruggles *et al.*, s.f.).

La herramienta adoptada a nivel internacional para estudiar los productos en el mercado y sus procesos de fabricación es el análisis de ciclo de vida de producto (ACV) (*Life Cycle Assessment en inglés*).

Tabla 1. **Evaluaciones de impacto ambiental**

<b>Evaluaciones</b>	<b>Definición</b>	<b>Herramientas</b>
Intuición	Es el proceso de evaluación sobre principios relativamente básicos que ayudan a diseñar considerando el ambiente.	Evaluación intuitiva - A criterio del diseñador
Listas de comprobación de productos	Es una forma de evaluar cualitativamente los productos de una empresa, siguiendo una lista de características, para tener consistencia interna. Permite realizar una evaluación rápida y enfocada a atributos particulares.	Listas de comprobación corporativos
Pensamiento de ciclo de vida	Son esquemas de consideración cualitativos de impactos ambientales. Realiza valoraciones de estrategias de eco-diseño.	Life cycle Design Strategies (LiDS)
Test de Análisis	Es un esquema que toma la noción del objeto en tanto a su sistema de interacciones, de manera sistémica, simultánea y fluida	Lista de comprobación según ciertas categorías estipuladas.
Qualitative Matrix Life Cycle Assessment	Una herramienta cualitativa para la toma de decisiones no estandarizado, con criterios de evaluación, sistema de evaluación y métricas variables, usado para la selección de conceptos.	Matriz de evaluación con adaptabilidad métrica o sistema de evaluación.
Evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida (EDACV). (Life Cycle –Based Design Assessment)	Es una aproximación cuantitativa para la etapa de diseño, que refleja los atributos de un análisis de ciclo de vida completo, pero no cuenta con la investigación completa de los impactos ambientales generados.	Software para realizar valoraciones rápidas de impactos ambientales. Algunos programas son: Comparative Packaging Assessment (COMPASS), y Solidworks Sustainability.
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	Es un estudio cuantitativo de evaluación del ciclo de vida de productos regulado por el sistema de normas estándares, que calcula los impactos ambientales globales.	Procedimiento metodológico extenso, regulado por la ISO 14040 e ISO 14044.

### 2.1.2.1. Análisis de Ciclo de Vida del Producto

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una herramienta de gestión ambiental que dispone la industria para conocer y valorar impactos ambientales asociados con el ciclo de vida de productos, procesos o actividades (Viñolas Marlet, 2005). Estudia sistemáticamente las entradas y salidas de un sistema de producto en cada una de las etapas de su ciclo de vida para cuantificar o proyectar el impacto ambiental que genera y sus interacciones con el medio en función de ciertos contaminantes y del gasto energético, con el objetivo de vislumbrar las consecuencias negativas para proponer las alternativas menos perniciosas (Viñolas Marlet, 2005; Horne *et al.*, 2009; Guineé, 2002).

El estudio permite una interpretación holística del impacto ambiental que tiene un proceso de producción a partir de datos cuantitativos y cualitativos. La evaluación mejora el manejo de impactos ambientales indirectos y evita redirigir los problemas generados a otras etapas del ciclo de vida (Horne *et al.*, 2009).

El análisis se aplica en aspectos de gestión medioambiental, en legislación y en desarrollo de productos. Se usa para detectar problemas de contaminación para la evaluación de procedimientos ecológicos, en procedimientos de asignación de eco-tiquetas o para comparar productos y plantear nuevos productos con enfoque ecológico (Horne *et al.*, 2009). También se aplica en la manufactura de materiales de construcción, producción de muebles y cadenas de suministros de empaques alimenticios (Verghese, Grant y Horne, 2009).

El ACV se comenzó a desarrollar en la década de los setentas como una estrategia para la producción de servicios de energía y demostró que la intuición no era suficiente para tratar los problemas medio ambientales que estaban comenzando a atraer la atención internacional en ese momento. El ACV amplió su alcance para incluir otros aspectos de deterioro del medio ambiente, resultando así en un método sistemático que analizaba una variedad de criterios sobre impactos ambientales de productos y procesos (Horne *et al.*, 2009).

El ACV fue planteado formalmente por el *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) y UBA (*Umweltbundesamt*) (Viñolas Marlet, 2005). El SETAC fue el primer organismo internacional en actuar como organizador del desarrollo del ACV para lo que involucró la academia, la industria y el gobierno. Posteriormente la organización mundial privada de estandarización ISO publicó la serie 14000 enfocado a la gestión ambiental (Horne *et al.*, 2009; Guineé, 2001) que fue crítico para que la evaluación fuera aceptada en la industria y el gobierno a nivel global.

En sus inicios se usaba únicamente en Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos. Los primeros productos a los que fue aplicado fueron pañales y contenedores de bebidas, materias que dominaron el ACV por un tiempo (Guineé, 2001).

Un ACV se puede abordar de diversas maneras. Mientras que la definición del problema es el punto de partida, las preguntas realizadas, la accesibilidad a datos y la variaciones socioeconómicas determinan una amplia gama de formas de realizar los estudios. Un ACV eficiente exige un proceso iterativo de colección de datos, de formas de reportes, de análisis de impacto ambiental e interpretación (Grant, 2009).

Hay 2 distinciones principales de ACV, primero son los estudios de entradas y salidas de “*bottom up*” y “*top-down*”. El esquema *bottom-up* define el sistema de estudio desde la cadena de suministro y desglosa la producción del objeto por sus procesos productivos. El *top-down*, que es como históricamente se han llevado a cabo los estudios, es el análisis definido entre las aproximaciones de atribuciones que estudian los promedios de impactos de procesos productivos y las aproximaciones consecuenciales que revisan los impactos de las decisiones a tomar (Grant, 2009).

Además el alcance del ACV puede expandir su unidad funcional tradicional a incluir factores económicos y sociales. Hasta la fecha no se han definido los límites del ACV que lo distingue ante las evaluaciones integrales (Grant, 2009).

El ACV se conforma por cuatro fases: la definición de objetivos y ámbito de aplicación, el análisis de inventarios, el análisis de impactos ambientales y el análisis de mejoras o interpretación de resultados (Viñolas Marlet, 2005; *Bureau of Indian Standards*, 2009).

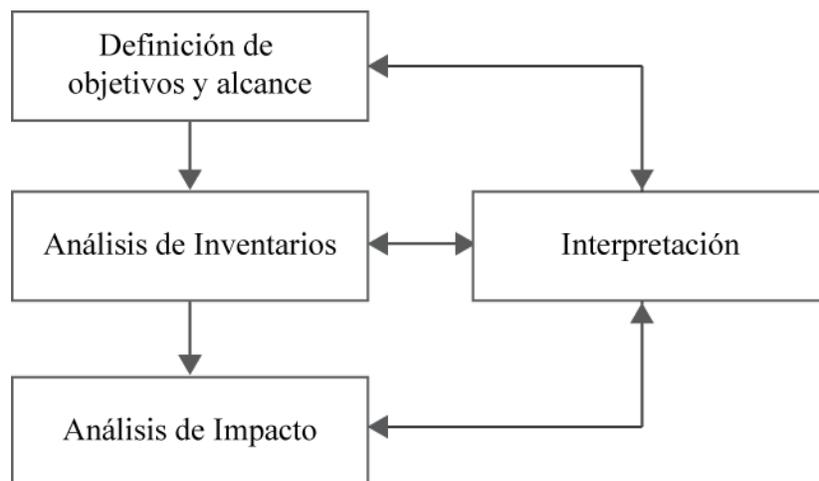


Figura 10. Esquema de proceso de ACV. Fuente: Horne et al. (2009).

El ACV es un proceso reiterativo en que cada una de las etapas se debe interpretar conforme se va avanzando con el análisis. Estas interpretaciones contribuyen a las demás y permite realizar correcciones mientras sean necesarios, en lo que se procura llegar a resultados consistentes, suficientes y confiables.

Los elementos esenciales del ACV son:

- Unidad funcional: Es la unidad base sobre la cual se realizan las funciones o utilidades específicas de un producto o servicio. Conceptualmente se define de manera que promueva la substitución de un producto de menor impacto por uno de mayor impacto ambiental, es decir debe permitir un punto de comparación con otros sistemas de producto similares.
- Límites del sistema: Se definen las etapas del ciclo de vida que se considerarán en el estudio. Un análisis puede incluir desde millones de unidades de proceso hasta uno sólo, todo depende de la práctica y aplicación al que se destina.
- Entradas y salidas: EL ACV se construye de manera en que las consecuencias de proveer la unidad funcional se derivan de los cálculos de las entradas y salidas. Las entradas y salidas pueden ser procesos técnicos (como materiales, servicios y procesos) o flujos de elementos al ambiente (como carbón, minerales y uso de suelo).
- Análisis de impactos: Usa indicadores, que varían en cantidad y cualidad, para realizar el análisis de impactos. (Grant, 2009).

A continuación se describen cada una de las etapas del ACV, según la interpretación de lo descrito por *Bureau of Indian Standards* (2009) que se basa por completo en la ISO 14044.

#### Definición de objetivo y alcance

Es necesario definir completamente el estudio de manera que se establezca claramente las bases sobre las que se va a evaluar. Primero se determina la finalidad que se quiere cumplir con el estudio, por ejemplo: seleccionar la mejor opción de diseño de cierto producto. Asimismo se especifica el contexto, es decir la audiencia meta a comunicar y el marco de comparación.

Un vez aclarada la finalidad y el contexto se especifica el alcance, donde se define el sistema producto a estudiar, la función del producto o casos comparativos, la unidad funcional y los límites del sistema a estudiar. La unidad funcional debe ser consistente al objetivo y debe proveer una referencia a la información de entrada y salida para que sean normalizados. Los límites del sistema se especifican en términos geográficos, temporales y conceptuales, indicando los procesos productivos de estudio y las entradas y salidas de materiales y energía (flujos ambientales) del sistema. Generalmente incluye únicamente los procesos que están en contacto directo con el producto y sus materias primas. El alcance puede variar en cuanto al número de etapas de ciclo de vida, el número de indicadores de impacto ambiental considerados y la cantidad de datos recopilados.

En esta etapa es necesario también realizar la aclaración de cuestiones metodológicas en cuanto a los procedimientos para el análisis de inventarios o interpretación de datos. Por mencionar algunos, define los procedimientos de asignación, la metodología de análisis de inventario a seguir, los tipos de impactos a medir, requerimientos de datos, supuestos, decisiones de valor, limitaciones de estudio, requerimientos de calidad de datos, consideraciones de *inputs* y *outputs* y su nivel de detalle, consideraciones críticas y elementos opcionales.

#### Análisis de inventarios

Se registran los datos medidos, calculados o estimado de los flujos de energía y materia implicados en cada una de los procesos productivos, denominados subsistemas o unidades de trabajo, que en conjunto definen el ciclo de vida global.

Se cataloga las actividades de estudio y se realiza el proceso de recolección de datos referentes a los flujos de materiales y energía, y los desperdicios al suelo, agua y aire. Una vez recopilada la información se computa en términos de la unidad de análisis. Los parámetros genéricos del inventario son los recursos energéticos y las materia primas, los productos, las emisiones a la atmósfera, las aguas residuales, los residuos sólidos y las emisiones energéticas.

La recolección de datos se complica por la naturaleza de la información. Se puede consultar literatura científica, registros industriales y de gobierno, asociaciones industriales o realizar consultas privadas. En ciertos estudios puede ser necesario requerir que los datos pasen por un proceso de refinamiento. Se puede aplicar entonces un análisis de sensibilidad (*sensitivity analysis en inglés*) que puede resultar en la exclusión o inclusión de nuevos datos o unidades de proceso.

#### Análisis o evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV)

Es el proceso que utiliza la información derivada del análisis de inventario para valorar los efectos producidos del consumo y emisiones del ciclo de vida del producto, según las diferentes categorías de impacto.

Se indica los resultados del EICV (cantidades de emisiones y residuos) clasificados bajo la categoría de impacto correspondiente (acidificación del aire, huella de carbono, eutrofización del agua, etc). Esta información se usa para calcular los indicadores por categoría de impacto, e indica el destino final (bosques, vegetación u otro, dado el caso). Los resultados pasan por un proceso de caracterización donde se convierten a unidades comunes para las categorías de impacto. Opcionalmente se puede incluir otros elementos en el estudio, como procesos de normalización, de agrupamiento o evaluaciones de importancia de datos y análisis de calidad de datos.

Viñolas Marlet (2005) identifica dos problemas con la valoración de impactos. Primero es que depende del ámbito geográfico y cultural considerado. Además depende de la evolución científica y desarrollo de nuevas tecnologías.

#### Interpretación de resultados o evaluación global

En la interpretación de resultados se identifican los aspectos relevantes, se realiza una evaluación de exhaustividad, sensibilidad y consistencia, se desarrollan las conclusiones y se determinan las limitaciones y recomendaciones del estudio. Las interpretaciones siempre son en función de los objetivos y los alcances planteados y revisa la pertinencia de las definiciones de la unidad funcional, función del producto, límites del sistema y limitaciones de datos.

Las cuatro fases configuran el análisis de ciclo de vida completo. Como otras evaluaciones guiadas por datos y medidas, realizar un ACV en su totalidad es muy caro y lento para ejecutar. No obstante, con el objetivo de hacer el ACV una herramienta útil para diseñadores se ha desarrollado una opción que permite la cuantificación de los impactos ambientales de manera rápida y sencilla, conocida como la evaluación de diseño en base al ciclo de vida.

#### 2.1.2.2. Evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida

Existen hoy en día varios programas de *Computer Aided Drawing* y *Computer Aided Engineering* (CAD y CAE respectivamente) diseñados para ejecutar la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida (EDACV). Unas herramientas existentes son *Dassault Systems Solidworks Sustainability* y *PTC's windchill product analytics*. El procedimiento de esta evaluación en software generalmente sigue los siguientes pasos:

1. Definir la forma del producto.
2. Escoger un material adecuado.
3. Seleccionar el proceso de manufactura.
4. Identificar el lugar de producción.
5. Estimar las logísticas sobre el medio ambiente.
6. Estimar los impactos del ciclo de vida del producto y del tiempo de servicio.
7. Estimar los impactos de reciclaje e incineración.
8. Calcular el impacto total y documentar los resultados (Kamrani et al., 2013).

Para el proyecto de tesis, se ha planteado llevar a cabo una evaluación de diseño en base al ciclo de vida usando el programa de *Solidworks Sustainability*. Esta aproximación es apropiada para realizar decisiones de diseño informadas para definir correctamente un producto en la etapa de conceptualización.

La ventaja de la evaluación de diseño basado en el análisis de ciclo de vida es que permite vislumbrar los impactos en una etapa temprana del desarrollo del producto, a diferencia de un ACV completo que exige que se tengan bien establecidos los procesos específicos de producción o que ya se haya implementado el sistema de producción. Además la ejecución de esta evaluación en *Solidworks Sustainability* permite diseñar para el ambiente pero dentro de los límites de tiempo establecidos (Ruggles *et al.*, s.f.).

El programa usa el software *Gabi LCA* para realizar el EICV. Es un software de sostenibilidad que cuenta con una base de datos actualizado de gran precisión y consistencia, con más de 70,000 perfiles que permiten evaluar los impactos rápidamente e identificar puntos críticos para reducir los impactos ambientales de los productos. Se ha planteado de manera en que no se necesita gastar tiempo en definir los límites de los sistemas de estudio (*PE International*, 2013).

El análisis evalúa el ciclo de vida del producto, englobando la extracción y la producción del material, la manufactura, el uso y el desecho del producto, y todo el transporte que ocurre entre las categorías (Ruggles *et al.*, s.f.).

El análisis revisa 4 categorías de impacto (*Dassault Systèmes Solidworks Corp.*, 2013; Ruggles *et al.*, s.f.):

- Impactos al clima: La métrica es la huella de carbono. Es la medida de todos los gases de efecto invernadero producido durante el ciclo de vida del producto, medido en unidades de kilogramo, libras o toneladas de dióxido de carbono o equivalente (CO<sub>2e</sub>).
- Agotamiento de recursos naturales: Es el consumo de energía a lo largo del ciclo de vida, considera todos los recursos no renovables consumidos, medido en megajoules.
- Impactos en el aire: Mide la acidificación atmosférica, medida es kilogramos de dióxido de sulfuro (SO<sub>2e</sub>) o equivalente. Se refiere a las emisiones que se producen cuando combustible fósil es quemado y que acidifican el aire; como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que cuando reaccionan con el agua forman ácido de carbono (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).
- Impactos en el agua/suelo: Es la medida de eutrofización del agua y suelo, indicado en términos de kilogramos de fosfato o equivalente (PO<sub>4e</sub>).

Solidworks tiene la posibilidad de realizar la evaluación de impactos de ciclo de vida (EICV) siguiendo diferentes métodos. Se usó en el proyecto el CML 2001. Es un método de EICV que restringe el modelado cuantitativo a las primeras etapas de la causalidad-efecto para limitar incertidumbres. Los resultados son agrupados en categorías comunes. El CML 2001 es una base de datos desarrollado por el Instituto de Ciencias Ambientales de la universidad de Leiden<sup>6</sup>. La normalización de los factores se realiza en función del total de las emisiones, mientras que los factores de caracterización son por substancia (*PE International, s.f.*).

El programa tiene un rango de error aproximado de 20% que impide que el estudio sea considerado como un ACV (*Dassault Systèmes, 2013*) y por consiguiente no puede servir para declaraciones de producto o para solicitar eco-etiquetas. No obstante prueba ser una herramienta que ayuda a minimizar impactos desde la conceptualización del producto.

La manera más exacta de valorar los impactos ambientales es mediante comparaciones entre alternativas y productos, que permite detectar variaciones para la interpretación de los datos.

### 2.1.3. Psicología ambiental

La ampliación de información propiciada por los avances tecnológicos y sistemas de logística evidencian el impacto de la actividad humana sobre su medio ambiente y han contribuido a la búsqueda de estrategias de desarrollo sostenible. No obstante la sociedad está lejos de llevar este tipo de desarrollo. Se ha observado que el comportamiento del consumidor juega un papel importante en los impactos ambientales generados (Cummins, 2012; Avramova *et al.*, 2014). Mientras que la vasta información sobre cambio climático y la accesibilidad a ella ha creado conciencia en los consumidores, existe una marcada disociación entre la conciencia ambiental y el comportamiento de los consumidores. Es decir, las personas son conscientes y están interesados en el problema medio ambiental, pero su conducta no lo refleja.

Junto con el surgimiento del concepto de desarrollo sostenible surge el concepto de conducta sostenible, que se define como “el conjunto de acciones deliberadas y efectivas que se dirigen a la protección de los recursos naturales y culturales.” (Corral-Verdugo, Frías, Fraijo y González, 2009, p. 197).

Ante la preocupación de proponer políticas ambientales más efectivas que guíen a la sociedad a adoptar prácticas sostenibles, se ha originado una búsqueda por los determinantes de la conducta sostenible. La psicología plantea un fundamento teórico sólido que permite entender y predecir el comportamiento humano, por lo que se ha desarrollado una rama completa, derivada de la psicología y ciencias ambientales, que estudia las personas y su relación con el ambiente (Bechtel y Churchman, 2002).

El área de investigación ha visto un gran crecimiento teórico en los últimos años. Sus resultados se han usado en diversa aplicaciones, como en la creación de normativas y políticas ambientales para incentivar la conducta sostenible, en estrategias de construcción de mensajes para marketing social, en métodos de motivación de consumo y comportamiento sostenible en diversos ámbitos (Avramova *et al.*, 2014), así como en diseño de espacios (Kopec, 2012). Incluso Reza, Kazemi y Allah (2014) han propuesto integrar ciencias de comportamiento, en particular psicología ambiental, en el desarrollo de teorías de diseño para que los conceptos permitan un mayor entendimiento de la complejidad y capacidad del ambiente en el ser humano.

Respecto al diseño, surge la pregunta ¿Qué papel que puede tener el diseño, sea de espacio, productos o gráfico, en motivar la conducta sostenible? Cummings (2012) sostiene que “la meta final del movimiento de sostenibilidad en las áreas de diseño es inspirar una sociedad que practica extensivamente comportamientos sostenibles.” (p. 48). El autor explora la posibilidad de cultivar el comportamiento eco-amigable a través del diseño de espacios, para lo que es necesario que se entienda los procesos cognitivos de los individuos que permiten comprender cómo las personas interpretan y reaccionan ante ciertos elementos de diseño. Así mismo abre la posibilidad de hacer una aproximación similar en otras áreas de diseño.

Zeelenberg y van Doorn (citado en Avramova *et al.*, 2014) investigan la importancia de las emociones en el comportamiento sostenible. Afirman que diferentes emociones pueden influir en las decisiones de consumidores y sugieren que el potencial motivacional de las emociones pueden tener implicaciones prácticas en incentivar comportamiento sostenibles.

Por lo tanto se puede establecer que en el intento de promover el desarrollo sostenible no es suficiente implementar prácticas de reducción de impactos en las actividades productivas, sino que es necesario que las realidades construidas promuevan la conducta sostenible. Es posible plantear la idea que las realidades construidas, sea ambiental u objetual, al ser objetos portadores de mensajes con lenguaje propio y que provocan emociones, tienen la capacidad de incentivar conductas. Para ello es imprescindible entender de los procesos cognitivos que determinan las percepciones e interpretaciones de las personas y que resultan en comportamientos. De manera adicional, las emociones tienen una gran influencia para motivar dicha conducta sostenible.

La conducta sostenible no es un objetivo del presente proyecto de tesis. No obstante se reconoce la capacidad del diseño emocional de crear un marco de interpretación que permite detectar las relaciones emocionales y afectivas de humano-objeto, así como las necesidades emocionales que cubren los objetos. Esto lo hace útil en la conceptualización de productos que pueden ser dirigidos a motivar la conducta sostenible. A través del diseño emocional se espera poder compatibilizar las motivaciones personales con las convicciones sostenibles. Este proyecto puede servir como ejemplo práctico para

que más adelante se contribuya a la formulación de una estrategia para motivar la conducta sostenible, cuestión que Avramova *et al.* (2014) plantea teóricamente y que propone como objeto de investigación.

En el diseño de productos, un concepto importante es el lenguaje de producto, esto es aquella información que un producto comunica por sí mismo al usuarios. Por tanto a continuación se abordará el tema de diseño emocional, que es el eje principal del diseño de producto del proyecto.

## 2.2. DISEÑO EMOCIONAL

En esta sección se realizará una revisión de unos modelos y conceptos principales del diseño emocional con el propósito de identificar los fundamentos que guiarán la investigación y conceptualización del proyecto, así como determinar las herramientas que serán adecuados para la evaluación emocional del diseño del jardín vertical.

Actualmente el diseño tiene sus bases en las ciencias biológicas, en el arte funcional y en la física ya que incorpora métodos de ergonomía, diseño estético e ingeniería a lo largo de sus procesos para conceptualizar y fundamentar lógicamente su trabajo y proponer una solución que funciona para atacar un problema dado. Mientras que estos métodos son imprescindibles en la actividad, resultan limitados cuando a innovación se refiere porque no aportan información útil para concebir nuevos productos (Khalid y Helander, 2006).

El estudio de las emociones es introducido en el proceso de diseño como un área de investigación que permite revelar conceptos importantes desde la perspectiva de la experiencias, que sirven para desarrollar nuevos conceptos y propiciar el éxito comercial de productos nuevos. (Green y Jordan, 2001; Norman, 2005).

El enfoque de diseño emocional se fundamenta en teorías psicológicas y sociológicas sobre los que genera una base teórica que permite entender las emociones de los usuarios o consumidores en relación a los productos. Esta aproximación detecta los elementos que influyen la emoción generado por los productos y se aplica en la estructuración de conceptos de diseño.

### 2.2.1. Emoción

Las emociones son considerados como unos de los diferenciadores más fuertes en la experiencia de usuario, pues activa el reacciones conscientes y subconscientes hacia un producto (Khalid *et al.*, 2006).

Las emociones son una parte de la conciencia humana que refleja la complejidad de la mente y cuerpo (Cupchick, 2004). Según la definición de Alonso y Alonso (2005) la emoción es “un estado afectivo que se experimenta, una reacción subjetiva al ambiente que viene acompañada de cambios

orgánicos (fisiológicos y endócrinos) de origen innato, influidos por la experiencia.” (p.75). Cada persona experimenta una emoción de forma particular dependiendo de sus experiencias pasadas, aprendizaje, carácter y situación particular. En cambio Bedolla (2002) establece que las emociones son fenómenos multidimensionales, porque además de ser un estado afectivo, la emoción es la reacción biológica o conjunto de estas, ante estímulos externos. Los conceptos coinciden en que son interpretados como reacciones ante estímulos externos, pero difieren la interpretación de los cambios orgánicos o reacciones biológicas. Las emociones son reacciones multifacéticas conformados por aspectos de comportamiento, expresivos y psicológicos (Lera y Garreta-Domingo, 2008).

A pesar de la dimensión personal que implica la naturaleza de la emoción, se han determinado que existen expresiones y emociones que se comparten transculturalmente. Paul Ekman estudió las expresiones relacionadas a ciertas emociones en diversas culturas. Sus observaciones, apoyados con otros trabajos, han planteado seis emociones universales: alegría, sorpresa, tristeza, temor, repugnancia y enojo (Morris y Maisto, 2005).

- Alegría: Es una sensación de bienestar y seguridad.
- Sorpresa: Puede dar una aproximación cognitiva para saber qué pasa.
- Tristeza: Pena, soledad o pesimismo.
- Temor: Es la anticipación al peligro, que provoca ansiedad, incertidumbre e inseguridad.
- Repugnancia: Disgusto o asco que aleja a las personas de lo que lo provoca.
- Enojo: Ira, resentimiento, irritabilidad, odio (Alonso et al., 2005).

El concepto tradicional sobre emoción consideraba la emoción y el pensamiento como dicotómicos, es decir, el estado afectivo y el cognitivo se interpretaban como mecanismos independientes. No obstante, estudios en neurociencia han revelado que la cognición y las emociones están unificadas, lo que implica que todo pensamiento involucra emociones. Es por esto que una visión integrada de emoción y cognición está tomando más fuerza, no solo en la ciencia sino también en el diseño de producto (Khalid *et al.*, 2006).

Considerando lo que se ha revisado respecto la emoción, en la tesis se entenderá por emoción al fenómeno multidimensional, que es tanto un estado afectivo como una reacción biológica, que surge ante estímulos externos y se manifiesta mediante reacciones expresivas, psicológicas y de comportamiento.

## 2.2.2. Modelos de diseño emocional

Cupchik (2004) divide las teorías sobre emoción que sostienen el diseño emocional en dos grandes grupos: aquellas que están orientadas a la acción y aquellas que están orientadas a la experiencia.

Las teorías orientadas a la acción interpretan las emociones como mecanismos adaptativos. Dentro de esta línea de pensamiento se puede catalogar la postura centralista, que sostiene que existen centros de un mayor orden dentro del cerebro que son responsables de controlar las emociones, y la postura conductista que entiende a la emoción como una reacción de diferentes niveles de excitación, sintetizando la idea dentro de la fórmula “Emoción=intensidad + dirección” o como “Emoción=excitación + cognición”. La postura cognitiva es otra perspectiva de emoción que parte de la acción que enfatiza en el enfoque a la correlación del plan y la expectativa, así como la manera en que los estímulos modulan la concentración.

Las teorías orientadas a la experiencia se circunscriben en el estudio de las emociones desde la perspectiva de las reacciones corporales a los significados sociales. Bajo esta premisa siguen las posturas periferalistas, que supone que las experiencias de emociones subjetivas son influenciadas directamente por la retroalimentación de las expresiones viscerales y faciales. También bajo esta rama se encuentra el modelo psicodinámico que sostiene que las experiencias emocionales están sujetas a episodios de carácter y sociales, distintivos y personalmente significativos. Experiencias emocionales subsecuentes son evocadas por nuevos eventos que simbólicamente se aproximan a los episodios formativos. Por otro lado, la fenomenología examina la estructura de la subjetividad mediante el análisis de la manera en que episodios emocionales significativos forman las cualidades básicas de las experiencias (espacio, tiempo, materialidad, causalidad y sensaciones puras). Finalmente la postura existencialista, que también derivada de las emociones como experiencias, asume que las experiencias emocionales son un aspecto esencial del ser humano y está ligado al significado que conduce la vida de las personas.

Los modelos de diseño emocional son recientes. Se han planeado varios modelos de diseño emocional que estudian diferentes aspectos de la emoción para aplicar sus fundamentos en el diseño y desarrollo de nuevos conceptos. A continuación se realizará una revisión de unos modelos y se seleccionarán los que enmarcan el proyecto.

### 2.2.2.1. Modelo de diseño emocional: respuesta emocional

El diseño emocional como lo plantea Norman (2005) tiene su base en la teoría que establece que los atributos de cognición humanos derivan de tres niveles del cerebro: nivel visceral, conductual y reflexivo. Cada nivel desempeña un papel diferente en el proceso cognitivo de todo ser humano. El nivel visceral es el nivel más bajo y se refiere a la capa automática de disposiciones determinadas

genéticamente, el nivel conductual es conferido al comportamiento cotidiano y el último la parte contemplativa es del nivel reflexivo. Según el modelo, la actividad es determinada por procesos ascendentes o descendentes dentro de los niveles del cerebro. Cuando parte de niveles inferiores, se sigue un proceso ascendente (proceso *Bottom-up*), conducido por la percepción, mientras que el proceso descendente (proceso *top-down*), que proviene del nivel superior, es guiado por el pensamiento. Cualquier experiencia en el plano real implica la interacción en los tres niveles.

Todo lo que hacemos, tiene tanto un componente cognitivo y uno afectivo, que se traduce a la asignación de significado y valor respectivamente. El estado afectivo se relaciona con las predisposiciones biológicas y es influenciado por la experiencia. Un estímulo dado puede provocar un estado afectivo positivo o negativo. El afecto positivo despierta curiosidad, atrae la creatividad y facilita el aprendizaje, en cambio el afecto negativo pone barreras y evoca frustración. Cuando a productos se refiere, se busca conseguir un estado afectivo positivo porque resulta (más no asegura) en la aceptación de un producto en el mercado.

El autor propone tres tipos de diseño, basados en los niveles del cerebro:

El nivel visceral es innato y preconscious, que se interpreta como el proceso anterior al pensamiento que responde a estímulos. Por esto el diseño visceral se ocupa de las apariencias, del impacto inicial que provocan los objetos y las experiencias iniciales en referencia a las percepciones.

El diseño conductual trata el uso y la experiencia. La experiencia se determina por la función, el rendimiento, la usabilidad y placer. Si el uso de un producto es ameno y divertido, entonces se tiene un resultado de afecto cálido y positivo.

En cuanto al diseño reflexivo, se revisa la conciencia y los niveles superiores de sensibilidad (emoción y cognición). En el nivel visceral y conductual existe el afecto sin interpretación, mientras que en el nivel reflexivo se comprende, entiende, razona e interpreta los estímulos recibidos. Es el nivel más complejo y variable porque es determinado por cultura, experiencia, educación y rasgos de personalidad. Explora las ideas relacionadas con ciertos objetos y es guiado por el intelecto de tanto el diseñador como el usuarios (Khalid *et al.*, 2006).

Norman (2005) difiere con la concepción típica de la importancia de la apariencia y utilidad en los conceptos de diseño. El autor sostiene que más que esas cuestiones de diseño, lo que es fundamental en la experiencia con productos es la historia de la interacción y las asociaciones que establecen los usuarios con los objetos y los recuerdos que evocan, pues “no nos vinculamos con una cosa, sino con la relación, los significados y sentimiento que ella representa” (p.64). Al diseñar con esta perspectiva, trata de abordar la historia de interacción y los recuerdos que evocan para crear valor en los objetos.

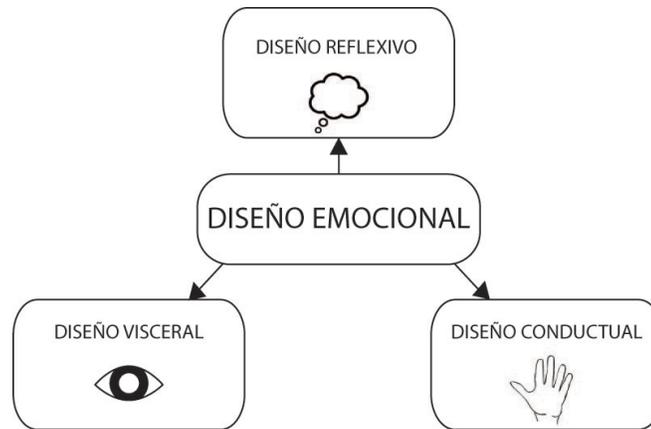


Figura 11. Esquema de diseño emocional. Fuente: Elaboración propia.

Para Norman (2005) el diseñador debe conocer a las personas, pues nota que “El concepto de “yo” es fundamental en el ser humano” (p. 70). Resulta imposible que un producto por si solo satisfaga la amplia variedad de diferencias individuales, culturales y físicas que existe. Es por esto que el mercado actual se caracteriza por una segmentación copiosa para satisfacer las necesidades de diferentes grupos de personas que comparten ciertas características mediante la oferta de productos dirigidos. Es importante que en la segmentación se realice la distinción entre necesidad y deseo de esas personas, es decir “lo que se necesita” de “lo que se quiere”. La necesidad está definida por el cometido a realizar, dictado por una finalidad, pero el deseo se determina por el carácter de lo que es apropiado.

Resulta natural entonces que cuando se diseña se debe corresponder la personalidad del producto con el segmento de mercado, y más aún, para producir algo de un valor de larga duración, el concepto debe tratar de equilibrar los tres niveles de diseño.

#### 2.2.2.2. Modelo de emoción de producto

La emoción es la etapa psicológica del afecto más relevante en la experiencia de productos porque genera una relación más fuerte entre el estado afectivo y un objeto particular. A pesar de que las emociones son idiosincráticas, las condiciones que las fomentan son universales, lo que sugiere la posibilidad de buscar y determinar los patrones particulares que los provocan para aplicarlo en el diseño de productos (Desmet, 2004).

Desmet y Hekkert (2001) toman la postura funcionalista-cognitiva de la emoción, e integran la teoría de valoración y el modelo cognitivo de Ortony, Clore y Collins en un modelo de emoción enfocado a productos. Parten de la premisa de que las emociones sirven como métodos de adaptación, que implica que toda emoción es provocado por una preocupación, y las entienden como respuestas a la evaluación e interpretación de eventos. Las emociones no son reacciones ante el evento mismo. Si se considera que la mente sólo procesa la información de eventos, agentes y objetos, como lo

establece el modelo cognitivo, entonces se interpreta que las emociones son resultados de aquellos procesos cognitivos de los estímulos percibidos de los tres grupos de información.

Por tanto, formulan un modelo que analiza las emociones que provocan los productos mediante la interpretación de estos como objetos, agentes o eventos, relacionando cada emoción con un estímulo y su preocupación correspondiente.

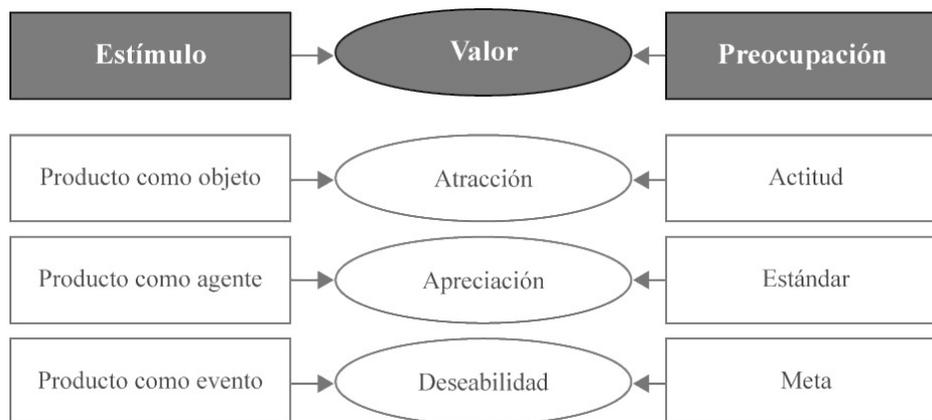


Figura 12. Esquema del modelo de emoción del producto. Fuente: Desmet et al. (2001).

Desde la perspectiva de objeto, se evalúa el valor de la atracción, o sea la reacción del agrado o desagrado que tienen las personas a dicho objeto. En esto son intrínsecas las actitudes estéticas de relaciones sociales. Análogamente, los productos como agentes, se refieren al valor que tienen los objetos en función que pueden causar o contribuir a eventos. En este caso, la emoción que provoca surge a partir de estándares, que pueden ser normas o creencias que las personas tienen preconcebidas. El valor de un producto desde su perspectiva como agente es la medida en que es loable o apreciable.

Finalmente, un producto considerado como evento, se refiere a las consecuencias que trae, refleja la valoración del objeto por su deseabilidad determinado por la preocupación de las metas asignadas del objeto.

Este modelo revela que es posible que un producto provoque varias emociones al mismo tiempo. Además implica que las emociones no surgen de las características mismas de los objetos, pero sí en los aspectos que surgen a partir de las características.

### 2.2.2.3. Modelo de los 4 placeres

Jordan define el placer con productos como los beneficios emocionales y hedónicos asociados con el uso de productos (Khalid et al., 2006). Para poder estudiar el placer relacionado con los productos, Jordan propone un modelo donde identifica cuatro tipos de placer. Estos son fisioplacer, socioplacer, psicoplacer e ideoplacer (Norman, 2005, Bonapace, 2001).

El fisioplacer es aquel que puede percibir el cuerpo mediante los sentidos. Es decir es el placer que provocan los objetos a medida que son visualmente atractivos, que tienen un olor agradable, que tiene sensaciones táctiles placenteras, etc. El socioplacer es aquel que surge por la interacción con otros individuos. Jordan indica que hay productos que desempeña un papel social, sea intencional desde el diseño como es el caso de las tecnologías de comunicación, o por casualidad, por ejemplo la cafetería o sala de impresiones en los lugares de trabajo que en ocasiones sirven como sala de reuniones. El psicoplacer trata las reacciones del estado psicológico mientras se usa un producto. Finalmente el ideoplacer es el aspecto de la reflexión de dada experiencia o interacción que se tuvo con un producto.

#### 2.2.2.4. Apariencia de producto y placer de consumidor

De acuerdo con Creusen y Snelders (2001) la inclusión del valor hedónico de un producto puede dirigir mejor la apariencias de un producto y maximiza el placer en el uso y posesión de un producto. Respecto a productos, Snelders (citado en Creusen y Snelders, 2001) demuestra que el placer es una cuestión general independiente a la relación racional del producto, es decir a las funciones de este, sin embargo tanto el aspecto hedónico como el racional, son determinantes en el “involucramiento general” del individuo con el producto. Por tanto el placer y la funcionalidad son complementarios en la experiencia de productos.

Los autores han encontrado que el placer conforma parte del concepto que los consumidores tienen a cerca de los productos, y estos están basados en características abstractas, tales como elegancia, dinamismo, etc. Demuestran que las palabras abstractas pueden usarse para el entendimiento subjetivo de los productos basados en una impresión holística del producto. Cuando los consumidores evalúan aspectos hedónicos de productos, los atributos formales influyen sus juicios, siguiendo normalmente un procesamiento de información tipo holístico (con excepción del color que es una característica particular del producto que consideran).

Con base en esto, plantean el modelo de apariencia del producto y placer del consumidor que estudia la percepción del aspecto hedónico del producto por parte de los consumidores, para generar un producto con una aspecto formal dirigido que influya el placer de uso y posesión.

Para aplicar un enfoque hedónico al estudio de productos, los autores sugieren investigar la percepción que genera un diseño y si comunica los valores deseados, mostrando a los consumidores una serie de conceptos en fase de desarrollo, para determinar la apariencia más prometedora. Para realizar estas pruebas de apariencia sugieren presentar la información, usar opuestos, aplicar pruebas de conceptos o realizar estudios etnográficos.

#### 2.2.2.5. Gusto de interacción de humano-producto

Kälviäinen (2001) introduce el gusto en el estudio de las emociones, porque considera el gusto de los productos es un elemento substancial en la experiencia estética. El modelo lo fundamenta en dos conceptos principales: gusto y construcción de significado.

La construcción de significado se conforma por varios aspectos que son percibidos o procesado por los consumidores de manera subconsciente que son determinantes en los juicios. Tanto roles como símbolos son percibidos e interpretados por sus procesos mentales. Las asociaciones de objeto/persona/característica para dar valor, y la categorización son procesos mentales de percepción que exponen cómo el cerebro organiza información visual a unidades (conocidos como Gestalts).

Metáforas, metonimias y narrativas son herramientas que revelan los procesos mentales de los consumidores. Esto define los patrones de juicio que les ayuda a interpretar experiencias (las asociaciones y categorías que usan para entender e interpretar el contexto). Este proceso mental es formado por imágenes que no son fácilmente descritas con palabras, pues la información que usa es verbal, visual y sensorial. Este tipo de información juega un papel fundamental en los juicios.

Referente a los gustos, Kälviäinen (2001) indica que las personas tienen la capacidad de notar distinciones entre objetos físicos y favorecer unos sobre otros. Esta capacidad se basa en actitudes y creencias, cultura e historia. También son dependientes a la edad, género y grupo social. Aunque el gusto tiene sus características personales, porque depende del proceso mental de juicio del individuo y sus experiencia placentera subjetivas, es altamente compartido en la sociedad.

La búsqueda de estímulo y preferencia por estereotipo y estilo, así como discriminación de estilo como parte del placer de gozo, revela el gusto. El gusto se manifiesta a través de los patrones de comportamiento y son determinantes en un producto, incluso más que las características demográficas.

El modelo de gusto de consumidor es basado en la categorización demográfica tradicional (edad, género ocupación ingreso y lazos institucionales) con los que identifica tres categorías que contribuyen en el gusto: contextuales, aspiraciones, y área de la situación social. El marco busca entender la relación entre percepción y construcción de significados, combinando los límites y posibilidades de los consumidores de situación de uso de producto para estudiar el uso para aplicaciones de diseño.

#### 2.2.2.6. Diseño Afectivo

Khalid *et al.*, (2006) propone un marco conceptual que se fundamenta en el diseño emocional tradicional y en los procesos de percepción de realidad del sistema afectivo y cognitivo. Divide el marco en dos secciones, lo que es el ambiente del diseñador y la experiencia afectiva del usuario. Dentro del ambiente del diseñador, considera los artefactos que incorpora las características que

conllevan al diseño emocional: visceral, conductual o reflexivo. Ante los artefactos se presentan unas restricciones de diseño, que son el contexto y la actividad definida para el producto a realizar, y la sociedad conformada por las moda, tendencias y normas que deben ser consideradas en el diseño del producto.

El artefacto es interpretado por los usuarios por el sistema afectivo y cognitivo. Ambos sistemas responden de manera simultánea a las necesidades individuales que son la referencia de la evaluación de los artefactos u objetos. Dentro del sistema afectivo intervienen los *affordances*, las necesidades y el afecto resultante, mientras que el sistema cognitivo interviene la percepción, la cognición y la acción para la evaluación de un objeto.

La etapa de evaluación es la última restricción y ocurre en dos etapas: evaluación y asimilación del producto. Los autores ejemplifican el proceso mediante la acción de compra en una tienda de ropa. La primera evaluación es en cuestiones de precio, color y calidad. Si concuerda con los *affordances* y gustos personales, el cliente busca probar la prenda.

En la siguiente tabla se rescata concisamente los modelos de diseño emocional revisados.

Tabla 2. **Comparación de los modelos de diseño emocional revisados.**

Modelo	Autor	Objeto de estudio	Concepto	Teorías bases
<b>Diseño emocional: Respuesta emocional</b>	Norman (2005)	Emoción, según el procesamiento de pensamiento de los productos	Diseño en función de los diferentes procesamientos del cerebro : Visceral, conceptual y reflexivo.	Procesos cognitivos.
<b>Modelo de emoción del producto</b>	Desmet (2001)	Análisis de emoción según estímulos y preocupaciones	Analiza las emociones y preocupaciones que suscitan los productos como eventos, agentes u objetos. Clasifican tipos de emociones de producto en: estético, social, sorpresa, instrumentales, interés.	Modelo cognitivo de Ortony, Clore y Collins. Programación Mental de Hekkert. Y teoría de valoración.
<b>Modelo de los 4 placeres</b>	Jordan	Análisis de placer según estímulos.	Distingue cuatro tipos de placer: socioplacer, fisioplacer, psicoplacer, e ideoplacer.	Teoría de necesidades de Maslow, Taxonomía de placer (Tigers),

<b>Apariencia de producto y placer de consumidor</b>	Snelders, Creusen y Dirk (2001)	Apreciación estética (valor hedónico), procesamiento holístico para el placer de consumidor	Estudia la percepción del aspecto hedónico del producto por parte de los consumidores. La funcionalidad Los aspectos hedónicos normalmente son percibidos de manera holística, y descritos con palabras abstractas.	Procesamiento de información holístico o analítico.
<b>Gusto en la interacción humano-producto</b>	Kälviäinen (2001)	Gusto. Relación entre placer y construcción de significados	Distingue tres categorías que contribuyen en el gusto: Contextuales, aspiraciones, y área social de la situación. El marco busca entender la relación entre percepción y construcción de significados.	Categorización tradicional del consumidor en base a aspectos demográficos.
<b>Diseño afectivo</b>	Khalid y Helander (2006)	Juicios de valor (resultando en aceptación o rechazo) mediante el proceso afectivo y cognitivo.	Considera el proceso afectivo y cognitivo como formas de interpretación de realidad paralelos de la misma importancia que controlan el pensamiento y comportamiento.	Diseño emocional de Norman, Taxonomía de placer (Tigers), Avances de neurociencia de emoción y pensamiento.

En la investigación de los aspectos emocionales que se realizó para el desarrollo del jardín vertical, se buscó entender la emoción relacionada con los jardines verticales para generar una emoción positiva que estimule el estado afectivo y culminar en la aceptación del producto. Se examinaron las características de la jardinería como experiencia, es decir el grupo de características visuales, aspectos de interacción y las ideas que estimulan dicha actividad. Este análisis es pertinente al proyecto porque permitirá explorar aquellas cuestiones emocionales sobre la jardinería que hasta ahora no han sido considerados en el diseño de jardines verticales.

Se escogió usar como esquemas de interpretación de los estudios el modelo de diseño emocional de Norman, el modelo de emoción de producto de Desmet y Hekkert, y el modelo de placer del producto de Jordan. Cada modelo tiene una aportación particular al proyecto.

El modelo de Norman permite entender la experiencia de la jardinería como la interpretan las personas, y analiza las percepciones, experiencias e ideas que generan el afecto positivo por la actividad o producto. El modelo de la emoción del producto permite un análisis más detallado mediante el estudio de un mismo objeto (o acción) desde diferentes perspectivas (como objeto, agente o evento) y

entender la preocupación y el valor de atracción atribuidos. Dicha aproximación reconoce el atributo multifacético de la emoción, logrando así un entendimiento más profundo.

Haciendo uso de ambos modelos, se pueden revelar cuales son las características que motivan a las personas a realizar la actividad de jardinería, sin embargo no estudia específicamente el placer que genera. El placer es importante en la interacción porque funciona como uno de las motivantes más fuertes del sistema afectivo, por tanto se ha incluido el modelo de los cuatro placeres de Jordan como fundamento para el estudio e interpretación del placer involucrado.

Los modelos usados para la interpretación parten de una postura cognitivista para entender la emoción y estudian diferentes aspectos de la emoción. Utilizando los tres modelos, se puede entender el proceso cognitivo que se lleva a cabo, la programación mental de los usuarios (emoción provocado por los productos) y entender el placer relacionado con la actividad.

Los otros modelos revisados anteriormente estudian otros aspectos que no son relevantes para el estudio. El modelo de apariencia del producto y placer del consumidor se enfoca en aspectos formales de los productos y en el procesamiento llevado a cabo para el placer del consumidor. Desde la perspectiva de respuesta emocional esto aborda específicamente el diseño visceral del objeto. Dicho análisis se restringe en determinar las características necesarias para la configuración formal, lo que resulta inadecuado para la naturaleza holística de la investigación. Así mismo los otros dos modelos, el modelo de gusto en la interacción de humano-producto y el modelo de diseño afectivo, introducen variables de estudio que no se pretenden analizar. El gusto y la construcción de significado y el proceso cognitivo revisados en los modelos respectivos son otros aspectos de emoción cuyo estudio podrían proveer de otra interpretación. Sin embargo con la finalidad de restringir la investigación a emoción y placer, se han considerado prescindibles.

A continuación se revisarán las técnicas que se pueden usar para el estudio de la emoción.

### 2.2.3. Métodos de estudio e investigación de emociones para desarrollo de productos

En esta sección se busca esclarecer las cuestiones fundamentales para la evaluación de emociones y se revisarán a continuación unas técnicas que se han aplicado.

En materia de evaluación emocional para el diseño, todavía no se han sentado bases concretas que planteen una guía teórica sólida, con bases empíricas y medidas válidas y confiables para evaluar emociones relacionados a productos. En un intento de proponer un cimiento para la evaluación de emociones, Khalid *et al.* (2006) expone cinco criterios para medir y evaluar emociones: dinámica, contexto, confiabilidad, validez y rango de error.

1. Dinámica: se debe reconocer en el estudio que las emociones son generadas en diferentes sistemas en el cerebro a diferentes tiempos y llevan procesos evolutivos. Es decir es recomendable observar la variación de una emoción ante un mismo estímulo.
2. Contexto: debido a que las emociones ocurren dentro de un contexto, es importante registrarlos con todas sus peculiaridades.
3. Confiabilidad: las reacciones de las emociones deben probar ser estables en un periodo de tiempo. Es una cuestión particularmente complicada de medir porque rara vez se puede reproducir una la misma emoción.
4. Validez: implica que una técnica usada para evaluar una emoción debe medir lo que se tiene planeado medir. Porque que las emociones son factores complejos con frecuencia se requiere de más de una medida para poder evaluar una misma emoción.
5. Medición de error: la medición de emociones puede estar sujeto a errores aleatorios o sistemáticos. Para superar el error se pueden tomar muchas medidas y sacar una media.

Khalid *et al.* (2006) afirma que en la evaluación de emociones se debe considerar medidas subjetivas y objetivas para capturar las diversas dimensiones de la emoción.

Las técnicas subjetivas normalmente son evaluaciones de autoinformes que documentan cómo los artefactos hacen sentir a las personas, mientras que las técnicas objetivas cuantifican reacciones fisiológicas de los sujetos de estudio.

Existen varias técnicas de evaluación subjetiva que permiten describir el aspecto emocional en la interacción entre usuario y producto, por ejemplo la ingeniería *kansei* y las escalas semánticas (Khalid *et al.*, 2006).

La ingeniería *kansei* desarrollado por Nagamachi, se centra en la noción de “*kansei*” o en los sentimientos de los clientes respecto a un producto. El concepto engloba una serie de ideas incluyendo sensibilidad, sentido, sensación, estética, emoción, afecto e intuición. Se ha desarrollado una base de datos de adjetivos descriptivos que se seleccionan para crear una lista con lo que los sujetos califican los sentimientos que les provocan diversos productos, evaluados en escala de Likert.

Por su parte, las escalas semánticas, se basan en la técnica de diferencial semántico, en donde se hacen pares de adjetivos calificativos opuestos, tales como: pesado/liviano, cerrado/abierto, divertido/aburrido para evaluar objetos dentro de una escala dada. Por ejemplo:

¿Qué tan atractivo te parece un jardín vertical?

Nada      1      2      3      4      5      Muy  
 \_\_\_\_\_:    \_\_\_\_\_:    \_\_\_\_\_:    \_\_\_\_\_:    \_\_\_\_\_:

Otra técnica de evaluación subjetiva es el *Positive Affect Negative Affect Schedule* o PANAS, en que toma una medida de los estados emocionales de una persona bajo diferentes tiempos y contextos. La evaluación consiste en la selección de descriptores que reflejan estados positivos y negativos.

En estas técnicas, la selección de los descriptores es fundamental en el diseño de la evaluación ya que se debe asegurar la claridad y la pertinencia de la palabra para la evaluación del producto.

Para sobrepasar la barrera de lenguaje, existe otra evaluación llamada PrEmo (*Product Emotion Measurement*) desarrollada por SusaGroup® (Aguirre y Villareal, 2010, Khalid *et al.* 2006) que es una evaluación no verbal para medir la respuesta emocional de los consumidores hacia los productos. En la evaluación los participantes seleccionan una representación gráfica animada del estado de ánimo que refleja su emoción respecto a la imágenes de los productos que han visto. Las representaciones muestran 7 emociones positivas y 7 negativas (Figura 13). Con los resultados de la evaluación, se desarrolló el *Emotion Navigator*, que es una herramienta que ayuda a los diseñadores a estudiar emociones relacionados con productos

Complementario a los estudios subjetivos, Khalid y Helander (2006) presentan estudios objetivos que consisten en medir respuestas de los usuarios y estudiar el aspecto fisiológico de la emoción. En estos estudios se puede medir variables como las expresiones faciales o características de la voz (tono, volumen, ritmo) cuando los participantes opinan acerca de un producto y relacionarlo con un estado emocional particular.

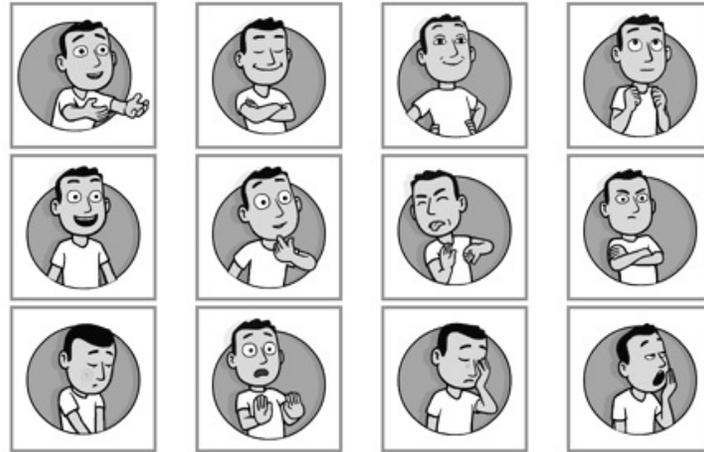


Figura 13. Ejemplos de gráficos utilizados por PrEmo©. Fuente: Aguirre *et al.*, 2010.

Las expresiones faciales proveen información sobre estados emocionales (gozo, sorpresa, tristeza, disgusto, euforia, irritabilidad) estados cognitivos (perplejidad, concentración, aburrimiento) y rasgos de temperamento y personalidad (hostilidad y sociabilidad). Para poder relacionar un gesto con una emoción particular se pueden clasificar las expresiones usando el *Facial Action Coding System*. No obstante, unos investigadores señalan que ciertos placeres, como la apreciación de la belleza de un producto, no presentan cambios faciales (Khalid *et al.*, 2006).

Un ejemplo de evaluación objetiva de emociones planteado particularmente para diseño de interfaces son las diez heurísticas de Lera y Garreta-Domingo (2008). Los autores formulan un conjunto de pautas que permiten evaluar de forma eficiente, fácil y económica el estado afectivo de los usuarios a través de la valoración de las reacciones expresivas durante la interacción con una interfaz. La técnica consiste en video grabar las expresiones faciales del usuario durante la interacción con un sitio web y contabilizar los siguientes gestos:

- Fruncir el ceño.
- Elevar las cejas.
- Desviar la mirada.
- Sonreír.
- Apretar los labios.
- Mover la boca.
- Expresarse oralmente.
- Tocarse la cara con las manos.
- Reclinarse hacia atrás.

- Inclinar el cuerpo hacia adelante.

El valor que se presente más durante una evaluación determina si la experiencia del usuario fue positiva, neutra o negativa.

Dado que la contabilización de expresiones faciales se puede realizar a partir de una clasificación de expresiones faciales, se usó para la evaluación objetiva del producto las categorías de emociones universales de Paul Ekman, que son: alegría, sorpresa, tristeza, temor, repugnancia y enojo (Morris y Maisto, 2005).

### 2.3. Resumen de capítulo

Un producto es aquel objeto, tangible o intangible, que satisface una necesidad y que puede ser un objeto de venta de una empresa. Un producto engloba al objeto que cumple con una función o beneficio determinado y todos aquellos aspectos que acompañan como el envase, la presentación, las calidades, servicios adicionales, entre otros.

En el desarrollo la investigación de necesidades y oportunidades de mercado, la integración de procesos de análisis de información, de procesos de conceptualización y de selección de propuestas son actividades que definen un producto, hasta que finaliza con el lanzamiento del producto en el mercado.

Todo producto desarrollado conlleva vectores de tecnología, expresión (dado por el lenguaje de producto), comercial y función, independientemente que se hayan considerado, o no, en la conceptualización del producto. En la etapa de conceptualización del producto, es elemental especificar la arquitectura de producto, es decir, todos aquellos elementos funcionales y físicos que configuran un producto.

Hay varias estrategias que se pueden seguir para definir un producto. En caso particular del presente proyecto, se seguirán las estrategia de diseño emocional y diseño ecológico.

Bajo el enfoque del diseño ecológico, la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida es una herramienta que se puede usar para analizar conceptos de diseños para definir conceptos y medidas que contribuyan a disminuir impactos ambientales.

Respecto al diseño emocional es una perspectiva que permite vislumbrar aspectos de emociones con respeto a producto para generar nuevos conceptos de diseño. Es una aproximación que lleva poco tiempo que se fundamenta en teorías psicológicas y sociológicas para generar una base teórica que permite entender las emociones de los usuarios o consumidores en relación a los productos. Se comienza a hablar de diseño emocional con Donald Norman, pero sus bases son establecidos desde

antes. A partir de entonces hay una serie de modelos que se han desarrollado que permiten estudiar emociones respecto a productos para aplicar los principios en el diseño. Modelo de diseño de emoción de productos, el diseño afectivo, el gusto del consumidor, el placer de producto, y la apariencia de producto y placer de consumidor son modelos de interpretación y evaluación de aspectos emocionales en relación a productos.

La emoción es una parte de la conciencia humana que refleja la complejidad de la interacción entre el cuerpo y mente (Cupchick, 2004). La emoción es un fenómeno multidimensional que es a su vez un estado afectivo y una reacción biológica, que surge ante estímulos externos y se manifiesta mediante reacciones expresivas, psicológicas y de comportamiento.

Mientras que se solía pensar que la emoción y el pensamiento eran procesos independientes, se ha demostrado que el proceso afectivo y el cognitivo están ligados (Khalid *et al.*, 2006), lo que revela que todo pensamiento conlleva una emoción. Esto tiene una serie de implicaciones en patrones de conducta y preferencias. Cuando se refiere a consumo, el pensamiento lógico no es el único que influye en la toma de decisiones. Es por esto que en el diseño, el enfoque emocional ha sido recursivo en la generación de propuestas. Se puede plantear que por un lado se busca desarrollar productos con un mayor valor para los consumidores al apelar a las preocupaciones (metas, actitudes y estándares) que configuran la base de valoración de los productos. Por otro lado, mediante el estudio de las emociones, se busca determinar las emociones ligadas a los productos para detectar cuales son los motivantes o aspectos de experiencia que pueden inspirar conceptos de nuevos productos.

No se puede hablar sobre un sistema de evaluación emocional consolidada porque todavía no se han sentado bases empíricas, con medidas válidas y confiables para evaluar emociones relacionados a productos. No obstante se han sugerido unos criterios que son importantes en la evaluación de productos: dimensión, confiabilidad, contexto, validez y medida de error.

Además, porque las emociones son reacciones bidimensionales que son conformados de tanto una reacción biológica y una afectiva, se sugiere que las evaluaciones emocionales incluyan tanto aspectos subjetivos y objetivos. Técnicas como ingeniería Kansei, diferencial semántico, PANAS y PrEmo son herramientas de evaluación de autoinforme que se han diseñado específicamente para la evaluación de cuestiones subjetivas de productos. Cuantificaciones faciales según categorías y análisis de voz son medias objetivas que complementan los estudios.

# INSPIRACIÓN

---

---

La fase de inspiración es conformada por todas las herramientas y técnicas que se usaron para la observación, el entendimiento y la definición del proyecto. Esta sección pretende dilucidar las necesidades y límites descubiertos mediante la investigación y mostrar cómo estas determinaron las especificaciones del producto en función de los vectores de la forma: función, tecnología, comercial y expresión. Por consiguiente se realizará una revisión de las herramientas usadas para la recopilación de datos, las variables a analizar, los datos obtenidos y las conclusiones derivadas.

## 3.1. OBSERVACIÓN

La fase de observación del proyecto se centra en la investigación de los requerimientos a considerar en los vectores de la forma para el proyecto. Se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué sistemas de jardines verticales se ofrecen en México?

¿Cómo funcionan los jardines verticales?

¿Cuál es un perfil de un mercado potencial posible al que se puede dirigir el producto?

¿Qué plantas se pueden usar en un jardín vertical y que cuidados requiere?

Con la finalidad de responder estas preguntas, se formularon cuatro estudios: un análisis comparativo de 10 sistemas de jardines verticales o muros verdes en México, un estudio de estadística descriptiva con base en encuestas aplicadas en la ciudad de Huajuapán de León para determinar el perfil del mercado potencial, entrevistas con 2 especialistas en botánica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) y una revisión bibliográfica de especies de plantas para detectar plantas que se podrían usar en el sistema propuesto a proponer y cuáles son las características funcionales del sistema que se deben considerar para su mantenimiento.

Es importante mencionar que para facilitar la exposición, en las siguientes secciones solo se explica cómo se aplicó cada herramienta, los resultados generales y las conclusiones derivadas. Los Anexos 1, 2 y 3, muestran los resultados completos de cada estudio.

### 3.1.1. Análisis comparativo de mercado

El análisis de mercado consistió en un estudio comparativo descriptivo de enfoque cualitativo en que se distinguieron las características funcionales, tecnológicas y comerciales de 10 jardines verticales que se venden en la Ciudad de México. El objetivo fue entender la competencia, detectar áreas de oportunidad y de innovación, para definir las características tecnológicas y funcionales a considerar en el diseño del jardín vertical.

La investigación se limitó en la Ciudad de México porque es la ciudad que presenta mayor oferta de jardines verticales en el país. El Plan Verde de la Ciudad de México, que establece estrategias a mediano plazo (15 años) para dirigir la ciudad hacia la sostenibilidad, ha impulsado el crecimiento del mercado de este tipo de productos y servicios (Mendoza, 2010).

Las fuentes de información para esta sección del estudio fueron catálogos de productos y páginas de internet de los proveedores. Por límites de tiempo de tiempo y alcance del estudio, el sondeo se realizó por medio de internet.

Las variables que se analizaron se visualizan en la Variables consideradas en el análisis comparativo de mercado. Categorizado por tipo de información<sup>1</sup>. Cuando se refiere a descripción de jardines verticales se debe identificar el tipo de sistema, el modo de instalación, el método de plantación que requiere, y el modo de irrigación que usa. Además se encontró que consideraciones como facilidad de sustitución de plantas, el cambio de sistema de riego (ambos dependientes del modo de irrigación) y servicios adicionales de los proveedores son criterios que ayudan a evaluar un jardín vertical o muro verde en función de las necesidades que se buscan cubrir (Urbanarbolismo, s.f.). El resto de las variables consideradas fueron seleccionadas por los objetivos del análisis comparativo de mercado.

Hay varios tipos de sistemas de jardines verticales: sistemas de fieltro o membranas, sistemas plug-in, sistemas de celdas de sustrato, sistemas sphagnum, sistemas de paneles contenedores de sustrato, sistemas de paneles de sustrato hidropónico y sistemas de especies específicas (Urbanarbolismo, s.f.).

Los modos de instalación pueden ser mediante sistemas modulares conformado por paneles prefabricados, construidos “in situ” (se construyen en el lugar) o kits que son sistemas que pueden ser instalados por los mismos usuarios. Finalmente los métodos de plantación pueden ser preplantado o plantados “in situ” (Urbanarbolismo, s.f.). Estas definiciones se tomaron para describir los tipos de sistemas de jardines verticales en el análisis.

**Tabla 3. Variables consideradas en el análisis comparativo de mercado. Categorizado por tipo de información**

<b>Empresa</b>	<b>Función-Tecnológico</b>	<b>Comercial</b>
Nombre de la empresa.	Tipo de sistema.	Tamaño por unidad.
Producto.	Modo de instalación.	Precio unitario.
	Instalación de plantas.	Precio por metro cuadrado.
	Sitio de instalación (Exterior, interior o exterior, interior).	Mínimo de compra requerido.
	Modo de irrigación. Materiales.	Servicio de instalación.
	Tamaño por unidad.	Servicio de mantenimiento.

El estudio fue limitado en cuestiones de accesibilidad a la información. La mayoría de los sistemas de muros verdes o jardines verticales que se ofrecen en la ciudad de México se cotizan por proyecto, por lo que no fue posible encontrar un cúmulo de información suficiente sobre costos de la mayoría de los sistemas investigados. Por otro lado, el número de unidades vendidas de un producto es información confidencial de las empresas, por consiguiente no se planteó registrar el éxito de los productos en el mercado.

Se seleccionaron 6 empresas diferentes que venden sistemas en la ciudad de México, de éstas se analizaron 10 productos. La metodología y los resultados del análisis comparativo completo se muestra en el Anexo 1.

Dado el análisis comparativo de mercado se encontró que no existe variedad de jardines verticales en el mercado de la Ciudad de México. Los sistemas de fieltros o membranas (sistemas hidropónicos) son los sistemas de mayor oferta, mientras que los sistemas de *sphagnum* y sistemas de celdas de sustrato son otros tipos de jardines verticales comunes. A nivel internacional hay otros sistemas que se ofrecen tales como sistemas de paneles contenedores de sustrato, sistemas de paneles de sustrato hidropónico y sistemas de especies específicas.

Independientemente del tipo de sistema de jardín vertical, son conformados por una base, una superficie impermeabilizante ( o un mecanismo para proteger el soporte de la humedad), soporte de las plantas y un sistema de riego. Se usan 2 tipos de sistemas de irrigación: microaspersores o por gravedad o goteo. La primera consiste de una red de mangueras para la irrigación a través del módulo, mientras que por gravedad consiste en una manguera colocado en la parte superior del sistema que riega las plantas y el agua escurre hasta la base.

Como se mencionó con anterioridad no fue posible encontrar un estimado del costo de varios de los sistemas debido a que las empresas realizan cotizaciones sobre los proyectos. Considerando esto, los costos mínimos de compra encontrados oscilan dentro de un rango \$130 pesos, *Cara de planta* permite la compra de módulos individuales de 33cm x 25cm, hasta \$51,404 pesos por 15 m<sup>2</sup> de la marca Biani.

Tabla 4. **Productos revisados en el análisis comparativo de mercado.**

<b>Empresa</b>	<b>Verde 360°</b>	<b>Generación verde</b>	<b>Cara de planta</b>	<b>Jardines Verticales México</b>	
<b>Núm.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Producto</b>	Muro verde	Muro verde o jardín vertical Exterior e interior	Cara de planta	Sistema modular	Sistema de membranas
<b>Tipo de sistema</b>	Sistema de fieltro	Sistema de fieltro	Sistema de fieltro	Sistema de celdas de sustrato	Sistema de fieltro
<b>Modo de instalación</b>	Modular	Modular	Kit	Modular	Modular
<b>Instalación de plantas</b>	Preplantado	Preplantado	Preplantado o “in situ”	Preplantado o “in situ”	Preplantado
<b>Modo de irrigación</b>	Sistema de riego automatizado cerrado, mediante microaspersores	Sistema de riego automatizado cerrado, mediante microaspersores	Sistema de riego manual por gravedad, con sistema de recolección de agua.	Sistema de riego automatizado por goteo, con sistema de recolección de agua.	Sistema de riego automatizado de red de PVC y sistema de recolección de agua.
<b>Materiales</b>	Materiales reciclados: filtros y lámina de plástico de protección.	Instalación típica de membranas. (sobre pared) Bastidor, protección de humedad para el muro, membrana geotextil.	Materiales reciclados	Módulos de polipropileno, lámina galvanizada. Sin estructura, se monta directo sobre el muro. No habla sobre materiales reciclados.	Estructura Metálica de Soporte, Elemento Aislante a base de lámina plástica de material reciclado, material geo textil
<b>Tamaño Unidad</b>	-	-	33 cm x 25 cm	Módulos de 10x6x10 cm	-
<b>Precio unitario</b>	Cotización por proyecto	Cotización por proyecto	Exterior: \$130. interior \$140	Cotiza sobre proyecto	Cotiza sobre proyecto
<b>Precio por metro cuadrado</b>	-	-	Exterior \$1560 e interior \$1600.	-	-
<b>Servicio de instalación</b>	Sí	Sí	No	Sí	Sí
<b>Servicio de mantenimiento</b>	Sí	Sí	No	Sí	Sí

Empresa	Biani		Verdtical		
	6	7	8	9	10
<b>Producto</b>	Tecnología biani (cuadro vegetal exterior e interior)	Tecnología tradicional (geotextil)	Sistema de Cuadro vivo	Sistema Sphagnum MSP 90	Sistema de hidroponio PRV-2 90
<b>Tipo de sistema</b>	Sistema de celdas de sustrato	Sistema de fieltro	Sistema sphagnum	Sistema sphagnum	Sistema de fieltro
<b>Modo de instalación</b>	“In situ”	Modular	Modular	Modular	Modular
<b>Instalación de plantas</b>	“in situ”	Preplantado	“in situ”	“in situ”	Preplantado
<b>Modo de irrigación</b>	Sistema de riego automatizado de dosificación de nutrientes en línea. Sin bomba	Sistema de riego automatizado cerrado, mediante microaspersores	Sistema de riego automatizado con sistema de recolección de agua.	Sistema de riego automatizado con sistema de recolección de agua.	Sistema de riego automatizado cerrado, mediante microaspersores
<b>Materiales</b>	Plástico ABS	Instalación típica de membranas. Requiere un sistema de sujeción al muro. Las membranas son de material reciclado.	Dice tener procesos sostenibles, reciclan y recuperan materiales en el proceso de fabricación.	Bastidores de plástico y alambón, con alambre galvanizado y placas de <i>sphagnum</i> .	Instalación típica de membranas. Requiere un sistema de sujeción al muro.
<b>Tamaño Unidad</b>	-	-	54 cm alto x 54 cm ancho	80 X 80cm	2.5 cm grosor X 300 cm alto X 90 ancho
<b>Precio unitario</b>	Por 15m <sup>2</sup> = \$ 51,404.58.	Por 15m <sup>2</sup> = \$ 51,404.58.	Precio mínimo: 116,00 €.	Precio mínimo: 135,00€	Precio por módulo: 63,00€
<b>Precio por metro cuadrado</b>	\$1,026.972 por m <sup>2</sup>	\$1,026.972 por m <sup>2</sup>	Aprox \$4000 MXN	Aprox \$2160 MXN	-
<b>Servicio de instalación</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Servicio de mantenimiento</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

El precio por metro cuadrado permite una mejor comparación de precios que el precio unitario porque los sistemas varían en tamaños en sus piezas individuales y mínimos de compra requeridos. Con esto se encontró que el precio por metro cuadrado oscila entre \$1,027 pesos por el sistema de membranas de Biani, hasta aproximadamente \$4,000 pesos por el sistema *sphagnum* de Verdtical.

El producto más innovador encontrado fue *Cara de planta*. La propuesta de sistema de membrana tipo kit difiere al de la competencia en su aspecto formal y en su forma de instalación. La ventaja primordial del sistema es que se vende en módulos individuales de 33 cm x 25 cm, lo que lo hace más asequible en comparación a otros sistemas. Además ha sido diseñado para ser fácil de instalar, pues no requiere conocimiento o equipo especializado. Sin embargo, se encuentra la desventaja que la instalación realiza una incidencia considerable sobre el muro de soporte, lo cual puede desistir la compra. Requiere 24 perforaciones por metro cuadrado. Además el precio por metro cuadrado sigue siendo elevado a pesar de que la unidad sea mucho menor.

Derivado del análisis comparativo de mercado, se determinaron ciertas consideraciones para la investigación y el desarrollo del proyecto. En materia de la investigación, fue necesario determinar cuanto están dispuestos a pagar las personas por 1m<sup>2</sup> de jardín vertical y cuáles son los intereses de los usuarios por los servicios que ofrecen las empresas respecto a servicios de instalación y mantenimiento. Se considera también importante conocer cuál es el nivel de conocimiento de los usuarios potenciales sobre los sistemas hidropónicos, ya que estos son los que dominan el mercado. Respecto al proyecto, se encontró que existe un gran campo de desarrollo de jardines verticales en el mercado mexicano debido a la reducida oferta de tipos de jardines verticales.

Los jardines verticales son productos de lujo, sin embargo el incremento de las islas de calor en las urbes suscita la necesidad de crear sistemas alternativos que posibiliten los jardines verticales en otros estratos sociales. Existe una gran oportunidad de desarrollar propuestas de sistemas de jardines verticales dirigido a un nuevo sector. Para ello, considerando la oferta de jardines verticales o muros verdes en la Ciudad de México, se realizaron una serie de observaciones a partir de este análisis.

Para que el producto pueda ser insertado en el mercado es adecuado aplicar una estrategia de minimización de costos en la conceptualización del producto. Además debido a que los sistemas de fieltro o membranas son profusos en el mercado mexicano, es recomendable proponer algo diferente a este tipo de sistema. La facilidad de instalación debe ser una característica del producto para que compita con productos similares (particularmente con *Cara de planta*). La irrigación debe ser sencilla y de bajo costo, por lo que el sistema de irrigación por gravedad será conveniente. Finalmente la facilidad de sustitución de plantas es una ventaja considerable frente a otros sistemas de jardines verticales.

Con este análisis comparativo de mercado se logró detectar áreas de oportunidad y unas de las características básicas para el desarrollo del producto. A continuación se describe las entrevistas realizadas.

### 3.1.2. Entrevistas a especialistas en botánica

Se llevó a cabo una entrevista estructurada con dos especialistas en botánica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) con el objetivo de encontrar características esenciales a considerar para el diseño del jardín vertical para uso interior y delimitar la información necesaria a registrar en la investigación bibliográfica sobre vegetación para el sistema.

Los entrevistados fueron Blanca Estela Vásquez García, intendente encargada del vivero y el Ingeniero Agrónomo especialista en suelos, Eusebio César Pedro Santos, Profesor-investigador de la UTM. El Anexo 2 incluye el planteamiento de los objetivos, la metodología de las entrevistas y la información recopilada.

Por medio de estas entrevistas se determinó que era necesario especificar, en la investigación de plantas y el diseño del sistema, el tipo de planta a usar, el tamaño de raíces (de ser posible) y la cantidad de luz que tendrá el sistema.

Explicaron que la ubicación de la instalación del sistema por si misma delimita varias posibilidades al ser para uso interior. La incidencia de luz únicamente puede ser de media sombra o sombra, que restringe la investigación de vegetación a incluir plantas que sobreviven bajo este tipo de luz. Esto mismo descarta la posibilidad de cultivar hortalizas, que requieren luz directa. La selección de tipo de planta (ornamento, especia) estará determinada por las preferencias de los usuarios y por las posibilidades del sistema.

La investigación bibliográfica de la vegetación debe indicar el tipo de planta del que se trata, sea ornato o especie, la exposición al sol que requiere (sombra o semi-sombra) y de ser posible ha de incluir el tamaño promedio de las raíces y la cantidad de agua que necesita. El tamaño promedio de las raíces se puede sustituir si se determina el tamaño de macetas que se pueden usar. Notas adicionales sobre el cuidado de las plantas, como por ejemplo los métodos de cuidado para evitar plagas y los fertilizantes que necesitan, resultaría conveniente pero excede los objetivos del proyecto. La investigación en este sentido podría ser planteado como un trabajo a futuro para desarrollar un manual de cuidado de plantas para el sistema como un producto ampliado del producto total.

Con estas consideraciones, las entrevistas ayudaron a dirigir la investigación bibliográfica de la vegetación. A continuación se presenta la encuesta que se realizó para definir el perfil de usuario.

### 3.1.3. Encuesta

La encuesta se realizó con el objetivo de determinar el perfil del mercado meta a partir de la segmentación por gustos y preferencias del usuario y necesidades con respecto a los jardines verticales. Se buscó describir las características demográficas del usuario potencial (género, edad, estado civil

y condición de vivienda) y se indagó sobre algunas cuestiones para poder valorar la factibilidad del proyecto para este nuevo sector, como el tiempo que tienen las personas para dedicar a la jardinería, cómo prefieren instalar y mantener el sistema (sea personalmente o pagar por ello) y cuál es el alcance del concepto de los jardines verticales. Finalmente se exploraron unos atributos preferentes del producto y precios adecuados. Los resultados de la encuesta y el cuestionario aplicada se muestran en el Anexo 3.

La selección de la muestra fue mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. El tamaño de la muestra se determinó usando la ecuación de muestreo probabilístico para poblaciones infinitas o desconocidas porque se desconoce el número de personas que tienen intereses en jardinería.

La fórmula de la población para muestreo probabilístico simple es (Wayne, 1988):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{i^2}$$

Donde n es el tamaño muestral, z el valor correspondiente a la distribución de gauss. Se ha tomado el valor  $Z_{\alpha} = 0.05 = 1.96$ . Mientras p es la prevalencia esperada del parámetro a evaluar. Los valores considerados son  $p=0.5$ ,  $q=0.5$  porque no se conoce la probabilidad de prevalencia de un parámetro particular y por lo tanto se consideran iguales. Y finalmente i es el error que se prevé cometer, en este caso se tomó un 7% de error.

Con estos valores se encontró que el tamaño de la muestra necesaria es 168 personas. Se aplicaron los cuestionarios de forma personal en el centro de la ciudad de Huajuapán de León debido al alto índice de concurrencia de población en la zona. Si las personas no tenían interés en la jardinería dejaban de contestar la encuesta.

Se encontró que en la población de Huajuapán de León existe una gran interés por la jardinería en el hogar, pues el 76% de los 168 encuestados indicó que era un tema que les interesaba. De este grupo de personas predomina el género femenino en un 81%. La edad no fue un factor determinante debido a que los diferentes grupos presentaron poca variación, en un rango de 1% hasta 3% (Figura 14). El estado civil tampoco fue un factor que influyera en el interés por la jardinería. Por consiguiente, la descripción demográfica del perfil del usuario quedó definido como mujeres mayores de 19 años de edad que viven en Huajuapán de León.

El 87% de los que continuaron con la encuesta, indicaron tener plantas, de los cuales 75% dedican más de 37 minutos a la semana al cuidado de estas (Figura 15).

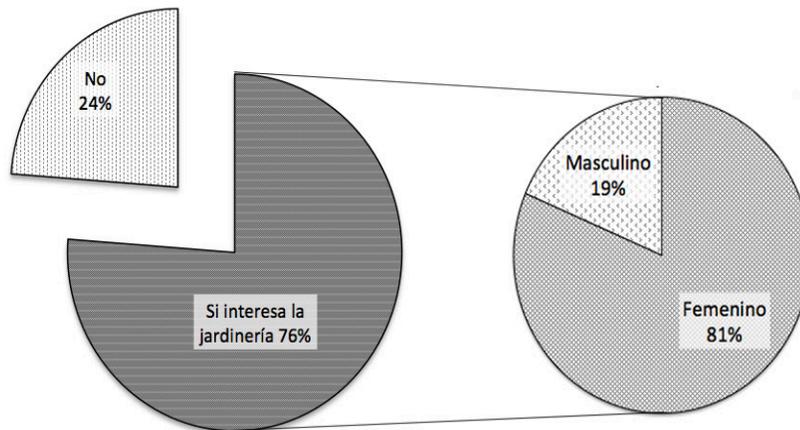


Figura 14. Gráfica de porcentaje de personas con intereses en jardinería en Huajuapán de León.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Diagrama de caja y bigotes de tiempos que dedican al cuidado de las plantas reportados en minutos por semanas. Fuente: Elaboración propia.

El no conocer sobre plantas no es obstáculo para adquirirlas. Mientras que el 87% de los interesados tienen plantas, el 55% de las personas evaluaron su conocimiento sobre plantas con un valor 1 o 2 en una escala de 1 al 5, en el que 1 significa que no tienen conocimiento y 5 significa que son expertos en el tema. Es decir, las personas compran y cuidan plantas a pesar de que consideran no tener conocimientos de ello. Sin embargo unos encuestados comentaron que les sería muy útil tener información accesible para cuidar adecuadamente sus plantas. Por esto la investigación de plantas puede ser usada para desarrollar un manual en un trabajo posterior.

Se detectó que el proveer de espacio reducidos para mantener las plantas es una necesidad del grupo. La mayoría de personas que tenían intereses en jardinería pero que no tenían plantas reportó que era debido a la falta de espacio dentro del hogar o de jardín (63%). Esto justifica adicionalmente el proyecto.

Los sistemas de jardines verticales existentes en el mercado mexicano no son adecuados para este sector. El 82.8% de los encuestados desconocen los sistemas hidropónicos de cultivo, que configuran la mayoría de la oferta actual de jardines verticales, y sólo el 1.6% ha usado uno antes.

Incluso 74.2% desconoce los jardines verticales. Se notó que 3 personas que consideraban tener conocimientos de jardinería comentaron que no querían usar sistemas hidropónicos porque les parecía muy complicados de usar y costosos de mantener. La figura 16 muestra el porcentaje del conocimiento y uso de los jardines verticales y sistemas hidropónicos que reportaron tener los encuestados.

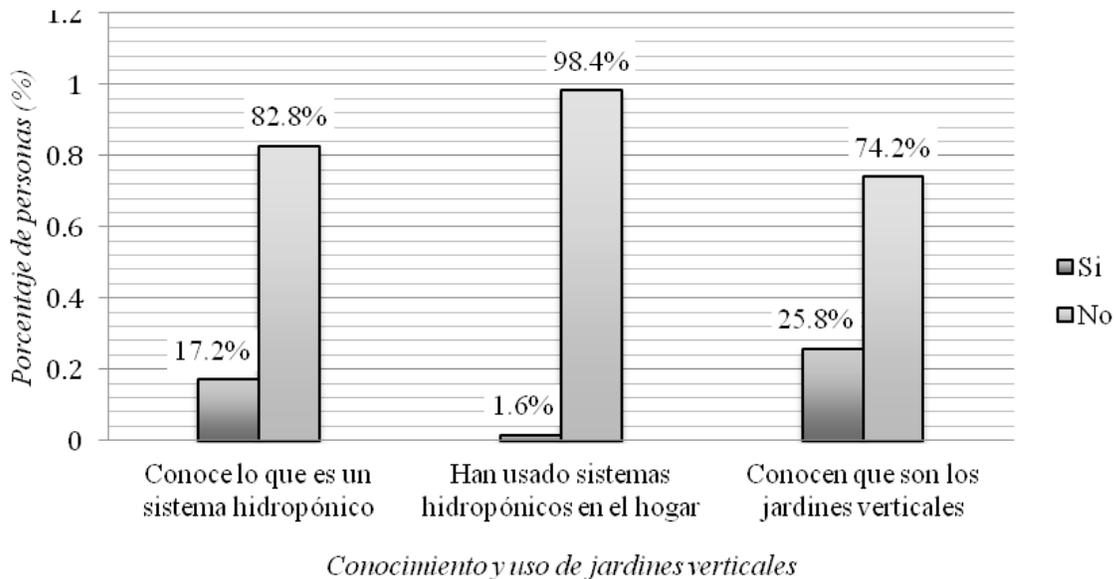


Figura 16. Porcentajes de conocimiento y uso de sistemas hidropónicos y jardines verticales.

Fuente: Elaboración propia.

No obstante se encontró que existe un fuerte interés por el jardín vertical y los beneficios que ofrecen. El 91% de las personas mostraron querer instalar un sistema de jardín vertical en el hogar tras haberles explicado en que consiste. Lo que más les interesa es que sea decorativo y que contribuye a cuidar el medio ambiente, atributos que valoraron en promedio 4.64 y 4.67 respectivamente (dentro de la escala de evaluación de 1 a 5, donde 1 es que les interesa poco y 5 que les interesa mucho). El beneficio que presentó menos interés es que aísla del sonido. La figura 17 presenta una gráfica que muestra el porcentaje de personas por valor de intensidad de interés asignado en cada beneficio del jardín vertical.

A pesar del interés que tienen por el sistema, sólo 6% de las personas estaban dispuestas a pagar entre \$1,001 y \$1,500, que es el rango de precio de 1 m<sup>2</sup> de jardín vertical o muro verde en el país, y 13.2% estaban dispuestos a pagar por el mantenimiento del sistema (crucial para un jardín vertical hidropónico). El 93% de las personas prefieren mantenerlo personalmente. En la figura 18 se muestra una gráfica de frecuencias en función del precio de mantenimiento que están dispuestos a pagar.

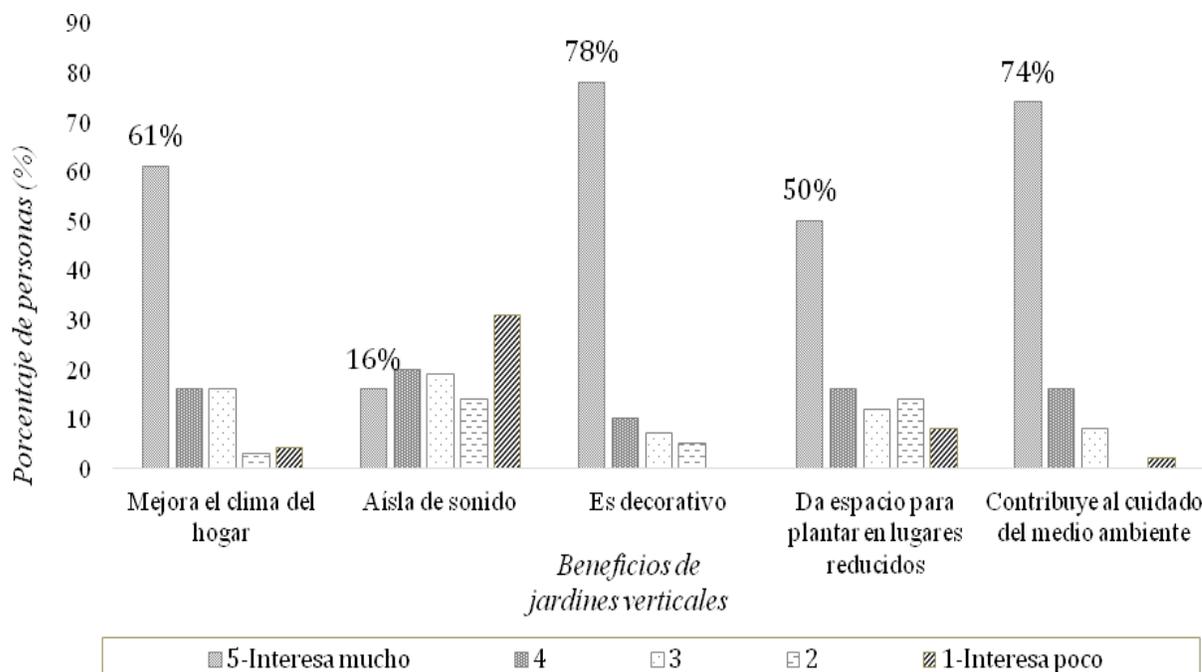


Figura 17. Interés de beneficios de jardines verticales. Fuente: Elaboración propia.

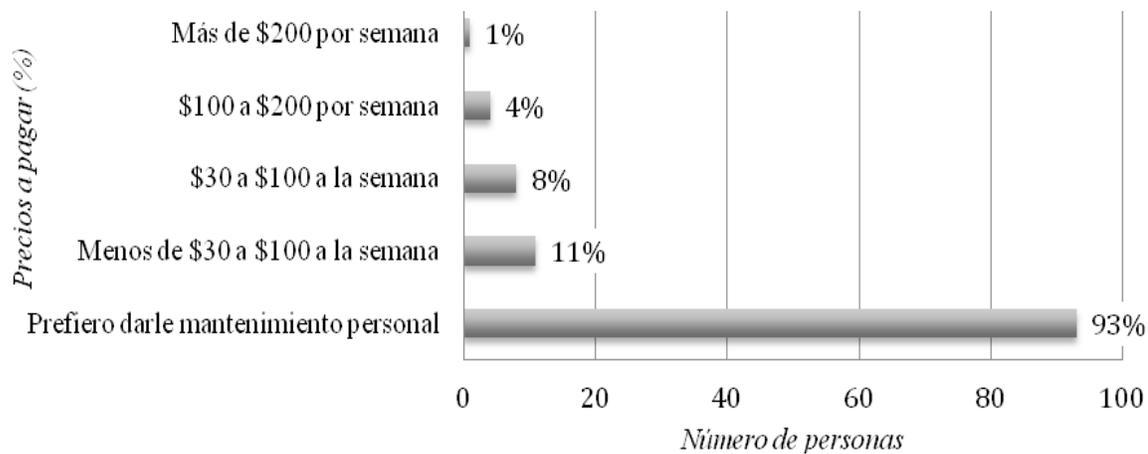


Figura 18. Frecuencia de preferencia de precio de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados demuestran que existe un sector de la población que tiene interés por instalar jardines verticales en el hogar y tienen tiempo para dedicar al cuidado de las plantas. El hecho de que las personas desconocen el jardín vertical indica que es necesario promover el uso de jardines verticales en otros estratos sociales. Además se demuestra que es pertinente desarrollar una propuesta que sea más accesible a una mayor parte de la población en cuestiones económicas y técnicas para cubrir las necesidades latentes que no son cubiertas por el mercado actual. Los sistemas que se ofrecen exceden lo que están dispuestos a pagar por adquirir y mantener el sistema y son complicados de usar.

Derivado de las encuestas, se identificaron necesidades funcionales que deberán ser considerados en el diseño del sistema de jardín vertical. Es preciso notar que deberá ser dirigido para cultivar plantas ornamentales, el 58% las personas prefiere este tipo de plantas. Esto implica que la investigación bibliográfica de las plantas necesita hacer énfasis en este aspecto, determinando los requerimientos que debe cumplir el sistema para ello. Adicionalmente, la posibilidad de reducir la temperatura de los espacios interiores es una capacidad del sistema que puede resultar atractivo, porque es la tercera característica de interés del público. Se puede valorar la posibilidad de incluirlo como un requerimiento secundario y si se puede demostrar que reduce la temperatura del espacio se podría incluir como una característica adicional del producto.

#### 3.1.3.1. Perfil del usuario

Dados estos resultados, el perfil del mercado potencial queda definido de la siguiente manera:

Mujeres mexicanas mayores de 19 años de edad con intereses en jardinería, sin distinguir el estado civil, con particular interés por plantas de ornato y que están dispuestas a pagar por un jardín vertical entre \$301 a \$1000 pesos.

El análisis estadístico descriptivo fue determinante en la validación del proyecto y en la detección de un mercado potencial. Los datos recopilados y analizados delimitaron el perfil del usuario del producto y contribuyeron en la definición de necesidades funcionales importantes para el jardín vertical para interior a desarrollar. A continuación se realiza la identificación de las plantas que podrían usar en el sistema.

#### 3.1.4. Consideraciones de vegetación

Se consideró esencial en el proyecto realizar una investigación bibliográfica de vegetación con el objetivo de detectar especies que pueden ser usados en el sistema de jardín vertical y establecer una serie de requerimientos funcionales a considerar en el diseño del producto en referencia a las condiciones que debe brindar el sistema para el manejo adecuado de las plantas.

##### 3.1.4.1. Cuidado de plantas

Las plantas que se cultivan en espacios interiores son en su mayoría especies adaptables. Son plantas que requieren iluminación filtrada y fluctuaciones moderadas de temperatura y humedad. Para mantener plantas en interiores se debe considerar ciertas condiciones climatológicas: la luz, la temperatura, la humedad y el suelo (Lammers, 1999).

Varios autores (Knox, 1979 y Lammers, 1999) establecen que la cantidad de luz que reciben las plantas es un factor crítico para su desarrollo porque es necesario para la fotosíntesis. Cultivando en

interiores, la intensidad de la luz y la duración de incidencia determinan la ubicación adecuada de las plantas. Existen diferentes lineamientos generales que se usan para indicar las condiciones de luz adecuadas para cada especie.

A continuación se presenta una categorización de luz para plantas de hogar constituido por 4 rubros (Knox, 1979):

- Sol directo, se refiere a la luz que incide directamente en las plantas, proveniente de una ventana dirigida al sur. Esta es la luz de mayor intensidad necesaria para cactáceas y otras suculentas.
- Luz brillante, es menos intenso que el sol directo. Las plantas deben ser ubicadas en un lugar sureste, suroeste u oeste, o a unos metros de una ventana hacia el sur.
- Luz indirecta, es la luz que se refleja de las paredes blancas. Esta luz es aproximadamente equivalente a la exposición al este u oeste.
- Luz media es la iluminación que necesitaría una persona para poder leer de forma adecuada. Es equivalente aproximadamente a la luz que hay a unos pies de una ventana en dirección de este u oeste.

Los requerimientos de temperatura se cubren con el cuidado adecuado de la luz de incidencia.

La humedad del ambiente es otro aspecto que se debe controlar. Se refiere al contenido de agua en el ambiente expresado como humedad relativa, que mide el porcentaje máximo de vapor de agua que el aire sostiene a dada temperatura. En climas secos es imposible reproducir el nivel ideal de 50% de humedad requerido para las plantas. Sin embargo, se pueden instalar sistemas humidificadores que crean ambientes adecuados para las plantas y las personas. Alternativamente, el método más sencillo es colocar las macetas sobre platos con piedras, perlita o vermiculita con agua. El agua no debe cubrir las piedras o estar en contacto con la base de la maceta y se debe de rellenar cuando el agua se evapore. También se puede humidificar el ambiente con atomizadores, pero si no se hace varias veces al día no influye en el estado de la planta.

El suelo es la fuente de nutrientes para las plantas y es el receptor de humedad. Es importante cuidar el drenaje de las plantas contra el estancamiento y la pérdida de nutrientes que se diluyen en el agua. El suelo ideal es rico en limos que tiene la capacidad de las arcillas y barros de retener nutrientes y humedad, manteniendo un buen drenaje. La alcalinidad o acidez del suelo es un factor que influye en el estado de las plantas. Las plantas prosperan en un pH de 6.5 a 7 (Lammers, 1999).

## 3.1.4.2. Recipientes para plantas

Lammers (1999) indica que las macetas se deben escoger para que resulten benéficas para ellas. Son 2 factores los que se deben de considerar: el tamaño y el drenaje. En el mercado ofrecen macetas de 2 pulgadas hasta 18 pulgadas. En cuanto al drenaje, se debe cuidar que provee suficiente filtración para la planta sin dejar que se escape el suelo.

Las macetas se fabrican en barro, madera, o plástico. Las macetas de barro crudo son muy permeables, permiten el paso de aire y agua a través de las paredes, siendo estas las más recomendadas. Las macetas de barro esmaltado, madera o fibras naturales (como canastos) son más decorativas y unas incluso más duraderas, pero se recomienda que se use una maceta utilitaria en su interior y no de manera directa, porque no soportan la humedad o no son permeables. Las macetas de plástico son más livianas y económicas, requieren menos agua debido a la falta de poros que retienen la humedad por un tiempo prolongado, pero deben compensar el escurrimiento con un drenaje adecuado.

Cuando las plantas han crecido demasiado para su maceta es necesario cambiarlas de maceta. En estos casos, se escoge una con un diámetro no mayor a 2 pulgadas a la anterior. Una regla general que se usa es que la diferencia de alturas entre macetas sea entre  $1/3$  y  $1/2$  de pulgada.

## 3.1.4.3. Especies de plantas para el sistema de jardín vertical

En la tabla 5 y tabla 6 se presentan las especies candidatas para ser usadas en el sistema. Cabe aclarar que las especies que se pueden usar en él no se limitan a estas, sino realmente se aplica a cualquier planta que sobreviva en interiores.

Tabla 5. Especies de plantas adecuadas para interiores

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Iluminado	Luz indirecta	Luz media	HUMEDAD
<b>FLORALES</b>					
Achimenes sp.	-		x		Siempre húmedo
Saintpaulia sp.	Violetas africanas		x		Regar cuando se seca
Aphelandra squarrosa	Afelandra		x		Siempre húmedo
Begonia sp.	Begonias		x		Siempre húmedo
Browallia sp.	-	x	x		Siempre húmedo
Calceolaria sp.	Zapatitas de San Juan, Zapatitos de venus		x		Regar cuando se seca
Camellia sp.	Camelias		x		Siempre húmedo
Schlumbergera bridgesii	-		x		Regar cuando se seca

<i>Crossandra infundibuliformis</i>	-	x	x	Siempre húmedo	
<i>Aphalandra squarrosa</i>	-		x	Siempre húmedo	
<i>Cyclamen sp.</i>	-		x	Siempre húmedo	
<i>Espiscia sp.</i>	-	x	x	Siempre húmedo	
<i>Impatiens sp.</i>	-	x		Regar cuando se seca	
<b>FOLLAJE</b>					
<i>Clorophytum comosum</i>	-		x	Siempre húmedo	
<i>Dizgotheca elegantissima</i>	-		x	Siempre húmedo	
<i>Polyscias fruticosa</i>	Aralia ming	x	x	Siempre húmedo	
<i>Aspiditra eliator</i>	Hojas de salón		x	x	Regar cuando se seca
<i>Coleus sp.</i>	-	x	x	Siempre húmedo	
<i>Nertera granadensis</i>	Baya de coral, Coralito, Nertera, Planta de las canicas		x	Siempre húmedo	
<i>Eunonymus sp.</i>	Boneteros		x	Siempre húmedo	
<i>Fittonia verschaffelti</i>	-			x	Regar cuando se seca
<i>Peperomia Argyreia</i>	Panetela Francesa	x		Siempre húmedo	
<i>Hydrangea macrophylla</i>	Hortencia	x		-	
<i>Spathiphyllum wallisii</i>	Cuna de moises			x	Siempre húmedo
<i>Prímula vulgaris</i>	Primulas			x	Regar cuando se seca
<i>Epipremnum aureum</i>	Telefono		x	Siempre húmedo	
<i>Pelargonium ortorum</i>	Geranios, malvones				Regar cuando se seca
<i>Lisianthus sp</i>	Lisianthus				
<i>Petunias</i>	Petunia sp		x	Regar cuando se seca	
<b>HELECHOS</b>					
<i>Nephrolepis exaltata</i>	Helecho espada		x	x	Mantener poco húmedo
<i>Pteris sp.</i>	Helechos			x	Mantener poco húmedo
<i>Pellaea rotundifolia</i>	-			x	Mantener poco húmedo
<i>Stenochlaena plustris</i>	-			x	Siempre húmedo
<i>Lygodium japonicum</i>	Helecho japonés trepador			x	Siempre húmedo
<i>Polystichum tsus-simense</i>	-			x	Mantener poco húmedo
<i>Rumohra adiantiformis</i>	-		x	x	Siempre húmedo
<i>Adiantum sp.</i>	Culantrillos			x	Siempre húmedo
<i>Asplenium bulbiferum</i>	Helecho madre			x	Siempre húmedo
<i>Davallia trichomanoides</i>	-			x	Mantener poco húmedo

<i>Nephrolepis biserrata</i>	-	x	x	Siempre húmedo
<i>Platyserium bifurcatum</i>	Cuerno de alce	x		Siempre húmedo

A continuación se presenta la tabla de especies endémicas en el estado de Oaxaca, del valle de Tehuacán-Cuicatlán, que tiene clima semiárido.

**Tabla 6. Especies de plantas endémicas del valle de Tehuacán y Cuicatlán.**

ESPECIES ENDÉMICAS DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN	
FLORALES	
<i>Lantana camara</i>	Cinco negritos, Hierba amarga, Zapotillo
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
<i>Morkillia mexicana</i>	Flor de San Juan
<i>Phaseolus coccineus</i>	Frijol
<i>Zinnia peruviana</i>	Gallo
<i>Ipmomea purpurea</i>	Manto de la virgen
<i>Sanvitalia fruticosa</i>	Ojo de gallo
<i>Asclepias linaria</i>	Romerillo

#### 3.1.4.4. Conclusiones respecto a las consideraciones de vegetación

La investigación aportó unas consideraciones para el proyecto. En primer lugar el sistema debe ofrecer un drenaje adecuado. Aunque es importante ofrecer un sistema permeable que permita el paso de agua y aire entre las raíces y que evite el estancamiento, se encontró que es suficiente con asegurar un drenaje adecuado de manera que permita el escurrimiento del agua pero que retenga los nutrientes. Además es necesario que retenga la humedad, por lo que las macetas deben ser poco porosas. Como elemento adicional se puede considerar introducir un elemento para mantener la humedad cerca de las planas pero que no esté en contacto directo con la planta.

Los tamaños de diámetro de maceta pueden ser mínimo 2 pulgadas hasta 18 pulgadas, con una variación de diámetro de maceta de hasta 2 pulgadas, mientras que de altura puede variar hasta ½ pulgada.

La investigación sirvió para definir necesidades funcionales que fueron consideradas en el diseño del jardín vertical, como tamaños mínimos y máximos y las características de los materiales de las macetas. Además se identificaron especies de plantas de diferentes tipos que pueden ser usados en el sistema.

A continuación se revisa la normatividad que puede influir en el diseño del proyecto.

### 3.1.5. Normatividad

En México, la Ley que está en concordancia con la globalización de mercados y que propicia la participación de todos los sectores de la sociedad es la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en 1992 en el Diario Oficial de la Federación. La Ley distingue dos tipos de normas: las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de ordenanza obligatoria, que son regulaciones técnicas sobre seguridad, salud, protección al medio e información comercial; y la Normas Mexicanas (NMX), que son normas voluntarias que refieren a la calidad de bienes y servicios, elaboradas y emitidas por el sector privado a través de los organismos nacionales de normalización acreditados. (Sistema Integral de Administración Minera, 2011).

Referente al proyecto, no hay NOM que regule aspectos que se tengan que considerar en el concepto de piezas de plástico. En materia de protección al medio ambiente, la SEMARNAT expide unas NOM que regulan los niveles máximos de emisión de partículas sólidas a la atmósfera de fuentes fijas y móviles, que tendrían que ser revisados en etapas posteriores del proyecto, sin embargo no es necesario hacerlo en la etapa de conceptualización debido a que no hay una forma de calcular las emisiones que se producirán en la producción con un rango de error reducido. La evaluación en base al ciclo de vida de producto planteado como parte del proyecto no cuenta con la precisión suficiente para revisar dicha normativa, por tanto revisar la norma excede los límites establecidos del proyecto.

La NMX tiene normas en materia de gestión ambiental que regulan y sientan las bases del análisis de ciclo de vida, tomando como base las normas de la serie ISO 14000. Otra vez, porque no se ha realizado un ACV, no es necesario revisar la norma. La siguiente tabla menciona una lista de NOM y NMX, que se recomienda revisar en etapas posteriores del proyecto.

**Tabla 7. Normas NOM y NMX que se relacionan con el proyecto más adelante.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>TÍTULO</b>
<b>NOM con relación directa en el proyecto</b>	
NOM-039-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras.
NOM-043-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
<b>NOMS referentes a transportes</b>	
NOM-041-SEMARNAT-2006	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-042-SEMARNAT-2003	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857.
NOM-044-SEMARNAT-2006	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible.
NOM-047-SEMARNAT-2014	Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que se usan.
NOM-076-SEMARNAT-2012,	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.
<b>NOMS referentes a la contaminación atmosférica.</b>	
NOM-085-SEMARNAT-2011,	Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
NOM-085-SEMARNAT-1994	Contaminación atmosférica-niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
<b>NMX para gestión ambiental</b>	
NMX-SAA-14025-IMNC-2010	Gestión ambiental- etiquetas y declaraciones ambientales Tipo III.
NMX-SAA-064-IMNC-2010	Guía para tratar las cuestiones ambientales en normas de producto.
NMX-SAA-14040-IMNC-2008	Gestión ambiental- Análisis de ciclo de vida-Principios y marco de referencia.
NMX-SAA-14044-IMNC-2008	Gestión ambiental- Análisis de ciclo de vida- Requisitos y directrices.
NMX-SAA-14062-IMNC-2010	Gestión ambiental- Integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos.

**Nota:** Tabla realizada a partir de información de la Secretaría de Economía (2015).

A nivel internacional la *International Standards Organization* (ISO) desarrolló la serie ISO 14000 que regula cuestiones de impacto ambiental. La organización, plantea tres tipos de evaluaciones, clasificados por el método de declaración de bienes o servicio que realiza. Los tres tipos son los siguientes (Palerm, 2002):

- Tipo I: Basado en la certificación mediante terceras personas para bienes y servicios específicos.
- Tipo II: Basado en la declaración propia.
- Tipo III: Basado en análisis de ciclo de vida de producto.

Las normas ISO contribuyen a crear un marco común sobre el cual las empresas pueden realizar declaraciones y nombramientos ambientales de diversos tipos (BIS, 2009):

- ISO 14020 2000 *Environmental labels and declarations – General principles.*
- ISO 14021 1999 *Environmental labels and declarations - Self declared claims.*
- ISO 14024 1999 *Environmental labels and declarations – Type I environmental labeling.*
- ISO 14050 *Environmental management –Vocabulary.*

Las ISO que competen a las declaraciones de tipo III, útiles para el presente proyecto, son:

- ISO 14040 2006- *Environmental management. - Life cycle assessment – principles and framework.*
- ISO 14044 2006- *Environmental management. – Life cycle assessment. Requirements and guidelines.*

En materia de gestión ambiental se usó como base las especificaciones del ISO 14040 para generar un reporte de la evaluación de diseño basado en el análisis del ciclo de vida, con el objetivo de tener un marco común que guíe el procedimiento y la interpretación de resultados elaborados de la evaluación de diseño basado en el análisis de ciclo de vida.

Una vez realizados estos estudios se continuó con el análisis de las cuestiones emocionales de los usuarios para incluir en el diseño del producto. A continuación se desarrolla la herramienta de estudio aplicado, los resultados y las conclusiones obtenidas.

## 3.2. ENTENDIMIENTO

### 3.2.1. Sesión de grupo: Técnica, instrumento y muestra

Se realizó una sesión de grupo dentro de las instalaciones del laboratorio de usabilidad (Usalab) de la Universidad Tecnológica de la Mixteca con 6 personas que cumplieran con el perfil de usuario definido en las encuestas. El grupo de estudio fue conformado por mujeres entre 19 a 59 años de edad con intereses en jardinería que residen en Huajuapán de León, sin distinguir el estado civil, con particular interés por plantas de ornato y que están dispuestas a pagar por un jardín vertical entre \$301 a \$1000 pesos.

La Asociación Mexicana de Agencias de Investigadores de Mercado y Opinión Pública (2008) recomienda usar 4 a 8 participantes en las sesiones de grupo, ya que es “el grupo más grande capaz de funcionar sin líder y sin normas ni reglamentaciones rígidas.” (p. 27). Este tamaño de grupos resulta ideal para estudios con fines psicoterapéuticos porque permite a los participantes expresarse sin

inhibiciones, evita la polaridad positiva o negativa en cuanto a las opiniones, mientras que propicia la heterogeneidad y la diversidad, facilitando el proceso de interacción grupal. Además el número de canales de comunicación es adecuado para que exista redundancia y evita la tensión y atención permanente que sucede con 4 integrantes o menos. No se usan grupos de más de diez integrantes porque el número de canales de comunicación crece en proporción geométrica y corre el riesgo de fragmentar el grupo.

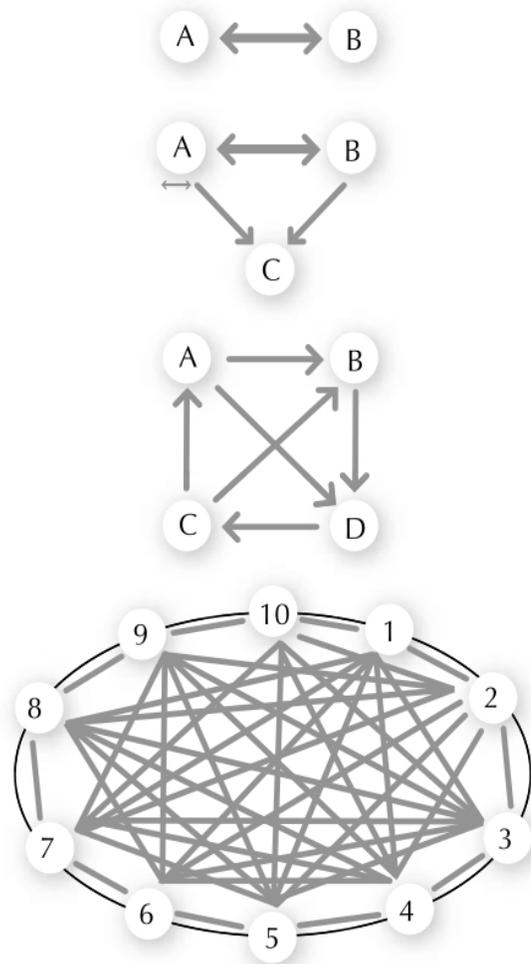


Figura 19. Número de canales en función de número de participantes dentro de un grupo, crece en proporción geométrica. Fuente: Asociación Mexicana de Agencias de Investigadores de Mercado y Opinión Pública (2008, p. 29). Fuente: Elaboración propia.

La herramienta de selección de participantes fue el formato de encuesta realizada con anterioridad (incluido en el Anexo 3). Porque era importante integrar un grupo que define todas las variaciones del perfil del usuario definido (Bonapace, 2001), se seleccionaron dos mujeres de cada grupo de edad: 19 a 24 años, 25 a 29 años, 30 a 39 y de 40 a 49, y una de 50 a 59 años. Además se usaron otros criterios adicionales del perfil de usuario definido:

- Calificaron su conocimiento de jardinería con un valor mínimo de 2 en una escala de 1 a 5.
- Reportaron que en caso de comprar un jardín vertical, tenían interés en mantener el sistema personalmente.

El objetivo de la sesión fue estudiar aspectos subjetivos de la emoción, así como determinar las preocupaciones que las definen y el placer que generan los jardines y jardines verticales.

La sesión de grupo de 60 minutos fue dirigida por un moderador y contó con la participación de 2 observadores. Durante la sesión el moderador guio la sesión de grupo con los individuos y realizó una serie de preguntas, usando como material de apoyo la proyección de dos imágenes de muro verde con las que se exploraron diversos aspectos emocionales y técnicos.

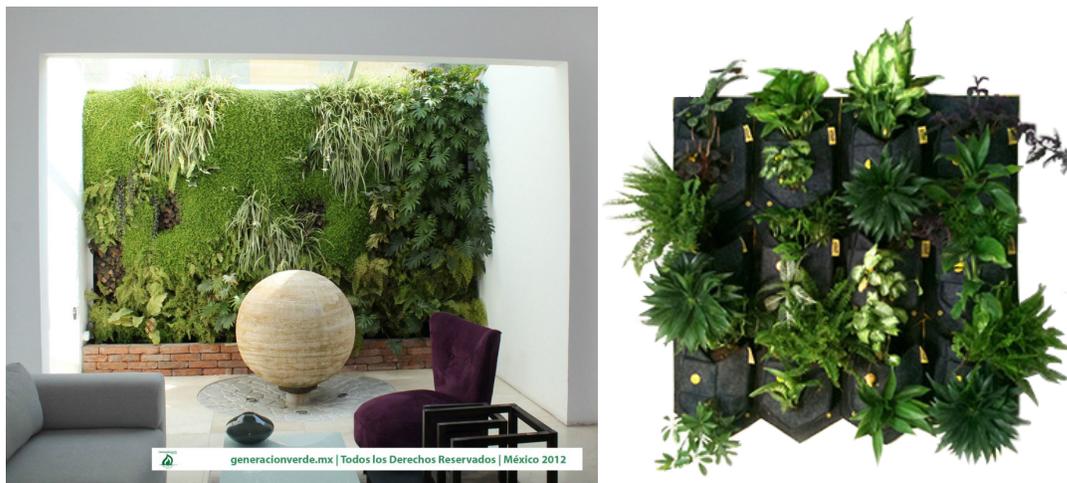


Figura 20. Imágenes usadas en la sesión de grupo. Los sistemas son, de izquierda a derecha, un muro verde de sistemas de mallas y la propuesta modular de *Cara de planta*. Fuente: Cara de planta, s.f., Generación verde, 2014.

Las imágenes fueron seleccionadas a partir del análisis de mercado realizado previamente (Anexo 1). Los resultados y las observaciones derivadas de esta sesión de grupo se utilizaron para definir especificaciones de diseño del producto a realizar.

La metodología de la sesión y el esquema del análisis de contenido siguieron los lineamientos de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública (2008). Las unidades de análisis fueron temáticas y evaluativas/educativas, es decir, la disección del análisis fue respectivamente mediante los conceptos o referencias así como valoraciones y actitudes mencionadas en frases.

Tanto en el diseño del estudio como el análisis de datos se usaron categorías en base a los 3 modelos de emoción de productos seleccionados<sup>7</sup>:

- Modelo diseño emocional “respuesta emocional” de Norman (2005): Interpreta las emociones según los niveles de cognición: visceral, conductual y reflexivo.
- Modelo de emociones del producto de Desmet (2004): Estudia la emoción y preocupación de un mismo producto desde diferentes perspectivas de estímulo: como agente, como objeto, y como evento.
- El modelo de los 4 placeres, descrito por Jordan (Green et. al, 2001): El modelo de placer definido por Jordan, categoriza el placer en cuatro distintas estructuras según su fuente de origen: socio-placer, fisio-placer, psico-placer e ideo-placer.

Los modelos llevan una aproximación cognitivista a la interpretación de emociones y son complementarios entre ellos porque consideran diferentes aspectos de la emoción y el placer. Estos modelos permiten estudiar cómo las expectativas y los planes intervienen en las emociones de los individuos, así como la medida en que los estímulos modulan las emociones.

Las variables dependientes del estudio son las emociones según el modelo aplicado, que surgen a partir de los estímulos visuales (variables independientes) y conceptuales realizados.

El planteamiento del estudio (metodología, guion de sesión de grupo y materiales adicionales) y los resultados (corpus y notas de observadores) de la sesión están incluidos en el Anexo 4.

### 3.2.2. Análisis de resultados



Figura 21. Fotografía de sesión de grupo. Fuente: Elaboración propia.

<sup>7</sup> Los modelos se han revisado a mayor profundidad en la sección 2.2.2 Modelos de diseño emocional (p. 39).

## Hallazgos

En la sesión de grupo fue evidente que todas las participantes mantienen un contacto directo y constante con las plantas que cuidan y es esta interacción la que genera la emoción relacionada con la actividad, sea proveniente por la acción propia y/o por lo que les recuerda. No cabe duda que para las participantes la finalidad principal es la función estética que cumplen las plantas y que la interacción tiene el objetivo de mantenerlas en buenas condiciones. Sin embargo, se encontró que la actividad de jardinería cumple con funciones secundarias que corresponden a una serie de ideas. Estas funciones secundarias son: realizar jardinería con la finalidad de relajarse, incluso como actividad terapéutica para liberar tensiones, para recordar la familia o para “reconectarse con sus orígenes” y como medio para conseguir la autonomía del individuo. La idea surge de la racionalización del consumo y la decisión de buscar una alternativa de vida en el cual se busque conseguir la autonomía del sujeto mediante el cultivo de hortalizas para el consumo.

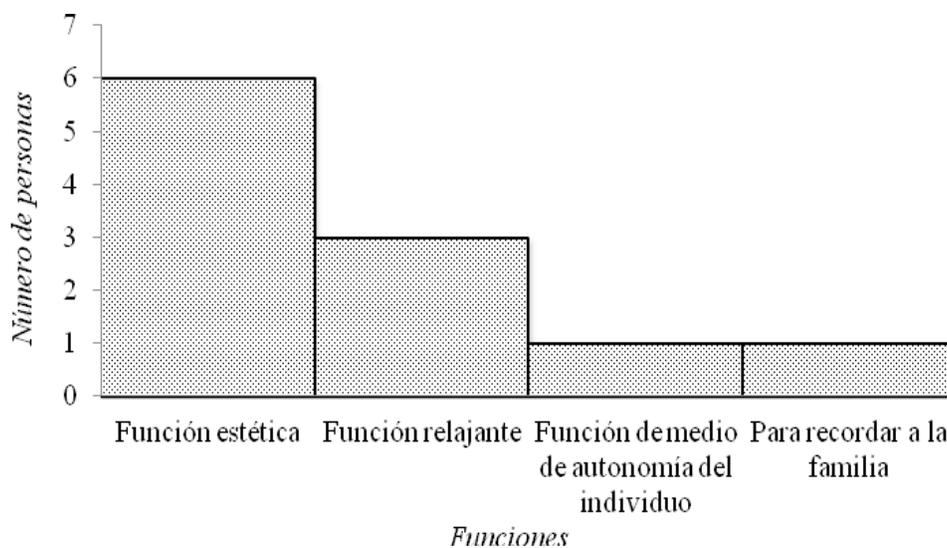


Figura 22. v a los jardines verticales por los usuarios. Fuente: Elaboración propia.

Unas de las menciones fueron:

MC: “Yo solía tener problemas muy fuertes, creo que de aquí varios conocen de mis problemas. Entonces a mí el doctor me dijo “¿te gustan las pantas?” y yo le dije “sí”. “entonces ahí des estrésate. Quítalas, ponlas, y des estrésate”. Y eso es lo que hago.”

AV: “A mí en realidad para quitarme el estrés. Yo me des estreso cuidando las plantas, prestando atención a las pocas o muchas plantas que llegue a tener en algún momento.”

EE: “(...) primero fue la teoría y luego la práctica, la teorización sobre el autoconsumo, la

autonomía unitaria, todo desde una perspectiva social fue lo que me fue llevando a mi relación con mi propia tierra y en relación a mi propio origen (...).”

JE: “A mí también me surgió el gusto por mis padres. Bueno, primero mi madre, cuando no llovía nos llevaba al campo a caminar y después al final de la jornada venía la convivencia y justo eso me recuerda a mis raíces.”

Mientras que la función principal de la jardinería para los usuarios es en efecto la función decorativa, las afirmaciones revelaron que la jardinería es una actividad que genera beneficios adicionales. Incita una emoción que reside en la sensación relajante, en el recuerdo o con otra idea asociada (la familia y autonomía del individuo). La acción es guiada principalmente por procesos ascendentes, de las sensaciones a pensamientos, pero también por procesos descendentes, o sea que es un comportamiento dirigido por el pensamiento. Es posible declarar por tanto que en los usuarios existe una estrecha relación emocional con las plantas y la interacción con ellas.

Cabe notar que las diferentes funciones secundarias asociadas a la jardinería y las plantas puede ser una característica sujeta a los rangos de edad, ya que las más jóvenes únicamente relacionaron la jardinería con sus familias, mientras que las mayores mantuvieron una postura ideológica. Adicionalmente, 5 participantes mencionaron que el cuidado de las plantas les recuerda a sus familias, lo que evidencia el papel determinante que tienen las experiencias pasadas en las emociones que suscitan las plantas.

MI: “Pero igual es eso que ellos me inspiran, que mis papás me han inculcado. De hecho mi papá nos hizo a mí y a mi hermano sembrar un árbol al mismo tiempo con la idea de que somos de la tierra y que debemos de cuidarla.”

TM: “Mi papá es campesino, y mi mamá se dedica al hogar y cuida de las plantas. Lo que siembra mucho mi mamá son verduras. Siempre estamos con ella, así que nos pone a sembrar o a cuidar de las plantas.”

El recurso de la memoria influye principalmente en la emoción que provoca la jardinería. Como indica Bedolla (2002), “las emociones surgen de los recursos cognitivos como la memoria a medida que la persona impone o interpreta personalmente el significado de un acontecimiento – estímulo.” (p. 29)

Desde la perspectiva de la respuesta emocional planteado por Norman (2005), se observó que el afecto es suscitado principalmente por esta asociación que hacen las personas entre las plantas, la jardinería y la familia. Estas asociaciones surgen por las interacciones pasadas que forman parte de las experiencias que han tenido los usuarios con la familia mientras cuidan las plantas, lo que conforma la historia de interacción.

Como establece Norman (2005), los tres niveles del cerebro (visceral, conductual y reflexivo) juegan un papel fundamental en la experiencia con las plantas. En el aspecto visceral, se distinguió la función estética de las plantas que valoran las personas, determinado por la apariencia del jardín en cuanto al estado de las plantas. En el aspecto conductual, se detectó el placer de uso que les da realizar la actividad de cuidar las plantas a medida que suscita la emoción principal de alegría, mientras que las libera de las emociones de preocupación, tristeza e ira. Finalmente en el aspecto reflexivo, se encontró la asociación de “reconectarse con sus orígenes” y en menor medida, la idea de “autonomía del individuo”.

Respecto a los muros verdes se encontró que al grupo les pareció inaccesibles porque lo asocian como un producto dirigido a un nivel socioeconómico más elevado, por lo que mantienen cierta distancia a pesar de tener interés el producto.

### Hábitos

Las tareas que realizan para mantener las plantas son rutinarios y parten de sus hábitos. Cuando uno se refiere a los “cuidados de las plantas” lo primero y casi único que consideran es el regar las plantas, cuestión que puede llevar a concluir que es la actividad que realizan con mayor frecuencia y la que les toma más tiempo en terminar. Pero a lo largo de la sesión de grupo se revelaron otros hábitos que tienen los usuarios para mantener sus plantas.

Dentro de estos otros cuidados, todas indicaron que cambian la tierra o agregan abono a las plantas. Además 5 de 6 mencionaron tomar medidas para cuidar las plantas de plagas, insectos y animales. Otro aspecto importante es que la mitad de ellas mencionaron que tienen la costumbre de reacomodar las macetas. La finalidad no fue especificada, pero se infiere que para fines decorativos o por el bienestar de la planta.

Cuando se preguntó ¿Tienen una rutina en particular para cuidar de sus plantas?, Contestaron:

AV: “Diario las riego, o trato regarlas al menos cada tercer día, pero el fin de semana que tengo más tiempo me pongo a cambiarles tierra, un poco de abono, a cuidarlas y a quitar lo que no les sirve.”

EE: “Riego en la mañana, antes de que salga el sol, y en la noche, para que absorba. (...) Mi vida y mi rutina ahorita depende un poco de las plantas. Llegar a regarlas, luego irse al centro y volver a regar plantas y los mismo(...).”

Pero más adelante mencionan:

AV: “Yo al menos trato de cambiarles tierra, ponerles un poco de abono, y pues eso sí, de andar moviendo y moviendo plantas, sacarlas con cuidado para que no se maltraten, cambiarles a una maceta

para que pueda hacerse más grande, pues sí, es un poco cansado.”

EE: “Igual la pobreza de la tierra que hemos ido solventando a través de la lombricomposta en nuestro caso.”

La figura 23 muestra los hábitos discutidos durante la sesión y la frecuencia presentada.

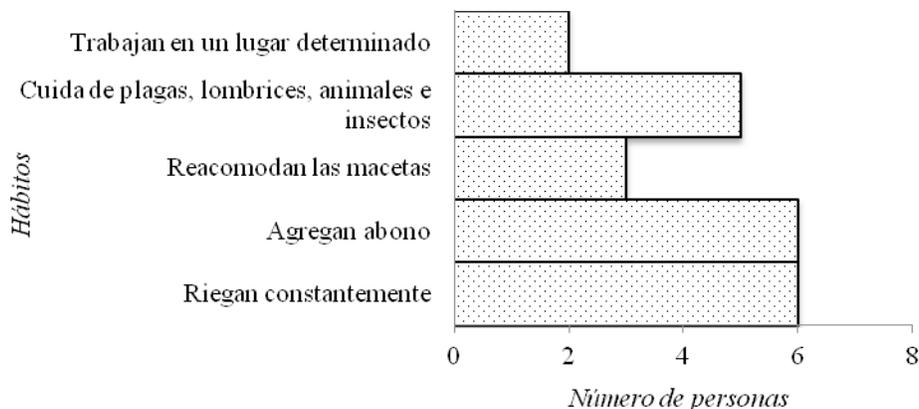


Figura 23. Hábitos de Jardinería. Fuente: Elaboración propia.

Se han de considerar estos hábitos que tienen los usuarios para cuidar las plantas en el aspecto de diseño conductual del jardín vertical, con la finalidad de realizar algo que sea congruente con su historia de interacción y generar con ello un afecto positivo y cálido.

### Preocupaciones

Las preocupaciones que tienen sobre la jardinería tienen que ver con el bienestar de las plantas. Las más reportadas fueron las cuestiones de plagas e insectos, cuatro de las participantes lo mencionaron, pero también dos hablaron sobre la pobreza de nutrientes del suelo, y la calidad y escases de agua. Tres de las participantes mostraron interés por la contaminación del suelo, que reveló su preocupación por el cuidado del medio ambiente. Una de las participantes más jóvenes además expresó su inquietud por conocer los cuidados de las plantas.

MIH: “Pero si en mi casa, el problema era eso, las arrieras que se comían enteros los rosales de mi mamá.”

EE: “Entonces la pobreza de la tierra y la poca cantidad de agua son los problemas con los que nos enfrentamos.”

JE: “También las plagas, la cantidad de agua y la calidad que tiene el agua.”

MIH: “Porque una vez me pasó que una planta que no era para el sol, pues a mí me la regalaron y yo no sabía, y la planté en el sol. Y pues se secó. Pues antes de conseguir la planta debemos saber los cuidados que necesita.”

La figura 24 muestra las preocupaciones y frecuencias mostradas a lo largo de la sesión.

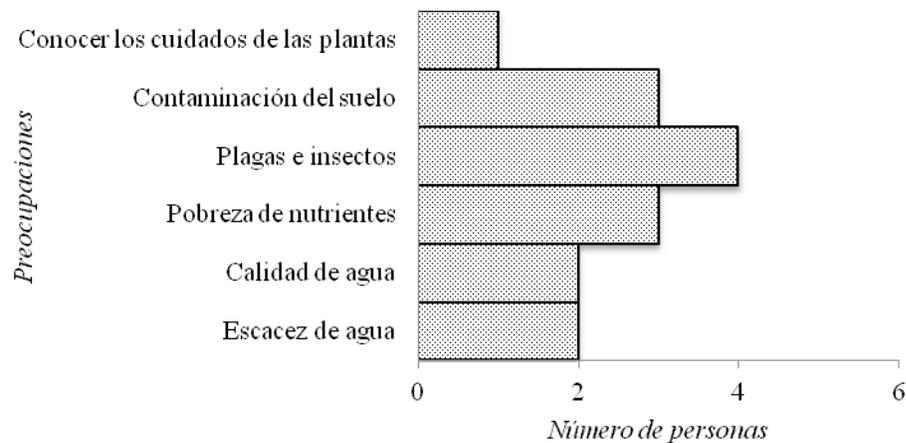


Figura 24. Preocupaciones respecto a plantas. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia el modelo de emoción del producto (Desmet *et al.*, 2001) se puede fragmentar la emoción que provoca las plantas, estudiando los estímulos como objeto, agente o evento. Si analizamos el producto como objeto encontramos que la emoción de atracción, de tipo estético, es definido por la actitud en cuanto al aspecto visual del producto, esto es, las preconcepciones que tienen las personas en cuestiones formales y visuales referentes a las plantas, especialmente de flores y macetas. Son las preconcepciones estéticas las que se traducen en la atracción por el producto, por lo tanto el sentido de la vista es el sentido que juega el papel predominante en la recepción de estímulos referentes de las plantas. En cuanto al aspecto visual que prefieren los individuos sobre las flores y macetas no fueron revelados en el presente estudio.

Desde la perspectiva del producto como agente, se encuentra la emoción de apreciación evaluado en función de los estándares de la jardinería que conocen los usuarios. Como define Desmet (2004), los estándares son aquellas ideas relacionadas con lo que las personas “creen que deben ser las cosas” o “cómo deben actuar”. Esto implica la existencia de referencias para valorar de los objetos o situaciones. El estándar principal es el jardín tradicional (no hidropónico) cuyo cuidado es la actividad con la que han tenido experiencia, y como tal se convierte en el principal referente. Un estándar secundario que presentaron dos de las participantes con intereses en el cuidado del medio ambiente es el estándar de un objeto eco-amigable, aunque precisamente cuál es esa referencia no se logró aclarar durante la sesión.

Ahora bien, si se estudia el producto como un evento podemos encontrar que la emoción de deseabilidad está sujeta a la meta de tener el espacio decorado con plantas, y las condiciones de las plantas. En la siguiente tabla se presenta las emociones y las preocupaciones catalogadas según la perspectiva del estímulo.

**Tabla 8. Análisis de las emociones respecto a las plantas, categorizadas por la perspectiva del estímulo, según el modelo de emoción de producto**

Estímulo	Emoción	Tipo de emoción	Preocupación
Producto como objeto	Atracción	Emoción por estética del producto	Actitud: apariencia general del producto.
Producto como agente	Apreciación	Emoción social del producto	Estándar principal: Jardinería tradicional.
		Emoción social del producto	Estándar secundario: Objeto eco amigable.
Producto como evento	Deseabilidad en la medida que decora un espacio.	Emoción instrumental	Metas 1: Tener un espacio decorado con plantas.
	Deseabilidad en cuanto al cuidado de las plantas.	Emoción instrumental	Meta 2: Tener un espacio con las plantas en mejor estado.

De acuerdo con el modelo de emoción del producto, las plantas pueden suscitar la coocurrencia de diferentes emociones. Pueden al mismo tiempo resultar atractivas por la belleza de las flores, pueden ser apreciadas en función de la medida con que cumple con los estándares que tienen las personas del jardín tradicional y pueden ser deseadas por su meta de decorar el espacio.

### Preferencias

Las participantes desde que respondieron la encuesta, que funcionó como criterio de selección para el estudio, mostraron preferencia por las plantas florales. Esta inclinación fue reforzada en la sesión de grupo. Otras preferencias reveladas fueron que tienen una fuerte preferencia por productos naturales y métodos de cultivo eco-amigables. Fue un tema que surgió durante la sesión y sobre la cual cuatro participantes mostraron predilección.

Unas menciones fueron:

EE: “El polvo de arrieras es letal para los mantos freático, o sea si mata a las arrieras, pero mata todo en el sustrato, entonces es mejor que se use lo menos que se pueda. Chile molido, es una medida natural, chile molido.”

TM:” A mí no me gusta que usen mucho los químicos entonces prefiero usar todo natural, o que mi mamá me ayude a usar cosas naturales.”

En materia de jardines verticales, las participantes presentaron tener una actitud generalmente positiva hacia ellos. El aspecto más evidente que se notó fue que es necesario proponer un sistema que no sea hidropónico y que sea visualmente atractivo. Además necesita mantener la posibilidad de reorganizar en diferentes lugares el sistema, o sea debe ser un sistema versátil. Las usuarias pueden adaptarse a un sistema fijo, pero no están propensas a preferirlo. Además el sistema debe permitir el manejo adecuado de las plantas, que implica que simplifique el traslado de un lugar a otro para realizar el cambio de tierra. La figura 25 muestra la frecuencia observada de las características de los jardines verticales.

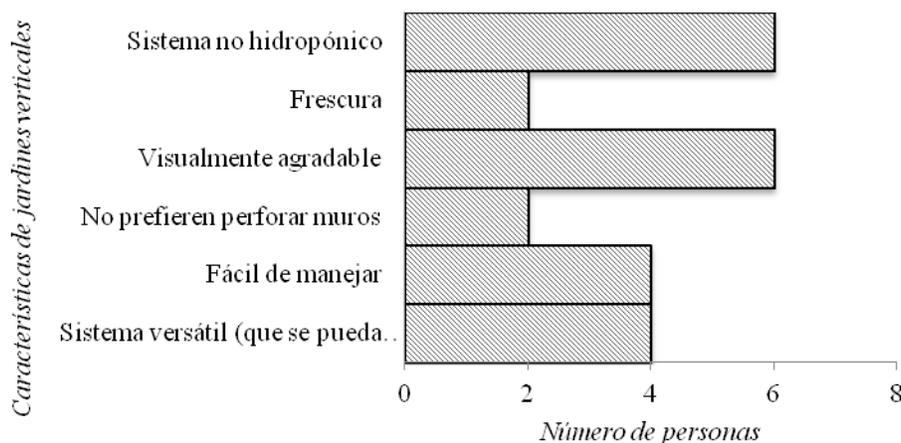


Figura 25. Preferencias de características de jardines verticales. Fuente: Elaboración propia.

TM: “A mí sí me gustaría estar cambiando a cada rato el lugar de las plantas.”

AV: “(...) pero viendo lo que dice la maestra, este para cambiar la tierra tendría que estar descolgando.”

MC: “(...) a mí no me gustan las plantas todo el tiempo en un mismo lugar.”

Dos de las participantes mostraron preocupación por realizar perforaciones en los muros por diferentes motivos: por el estado del muro y por no poder realizarlo. Esto se traduce a una necesidad de

realizar un sistema que reduzca el uso de los sistemas de anclaje invasivos y que sea fácil de instalar. La respuesta ante el producto estará determinada directamente por la disminución de sistemas de anclaje invasivos.

TM: “En lo personal no me gustaría hacer tantas perforaciones.”

Ahora, tomando el modelo de los 4 placeres de Jordan (Bonapace, 2001) podemos analizar el placer que puede generar el producto del sistema de jardín vertical. Durante la sesión de grupo los participantes hicieron mención principalmente a la estética de las plantas y en segundo lugar referencia a la frescura que sentían cuando regaban las plantas. Consecuentemente, en las cuestiones de fisio-placer, el sentido de la vista es la que juega el papel principal en la interacción humano-producto, y la termoscepción es el segundo. Estos sentidos deberán ser considerados en el diseño del sistema para tener una influencia en el fisio-placer.

El psico-placer será determinado directamente por aquellos aspectos que intervengan en la facilidad de uso. En primera instancia, la forma de cuidado debe ser familiar para facilitar el uso del sistema, o sea debe ser un sistema no hidropónico. Además será necesario cuidar que la manipulación y reacomodo de las piezas sea fácil de realizar. Entre más sencillo sea la manipulación y reacomodo de los módulos, mayor será el placer psicológico que genere.

Los aspectos de ideo-placer y socio-placer, no tienen mucha influencia sobre el producto esencial. Los valores de familia y auto-suficiencia son conceptos que las participantes relacionan con la jardinería y por lo tanto generan el ideo-placer que sienten del producto. Se puede plantear que estos conceptos deben ser considerados como valores formales del producto, pero a pesar de que la forma evoque los valores, no se pretende influir en el ideo-placer. Mientras que es cierto que el aspecto formal puede reflejar estas ideas, lo que tiene mayor incidencia en esto son las experiencias de los individuos. Por consiguiente el estudio revela que es importante considerar la generación de las experiencias que refuercen los conceptos de familia y la idea de autosuficiencia como estrategia de promoción del producto. Para ello, la primera aproximación al mercado sería la instalación del producto en lugares públicos, como parques, oficinas públicas, restaurantes, cafés, entre otros, que principalmente den la oportunidad de sentir lo que es estar en un espacio con un jardín vertical, y paralelamente mediante un actividades invitarles a que participen en el armado del sistema, que lo conozcan mediante demostraciones o concursos, y que puedan observar la autosuficiencia que puede dar.

Finalmente el estudio revela que el producto tiene un gran potencial para fungir como punto focal para generar grupos de personas. La jardinería es para los usuarios una actividad principalmente

heurística<sup>8</sup>, en que el conocimiento sobre el cuidado de las plantas se construye empíricamente y es transmitido a otros con los mismos intereses. Esta necesidad de comunicación entre individuos con intereses semejantes es un elemento cohesivo de grupos sociales que crea vínculos que contribuyen a la formación del afecto positivo.

La naturaleza empírica de la actividad así como la afinidad de los individuos a compartir sus experiencias con otras personas, revelan que es pertinente plantear como trabajo futuro el desarrollo de elementos complementarios al producto que creen comunidades que faciliten la interacción de los usuarios. Esto implica blogs, páginas de internet, o aplicaciones que comuniquen a los usuarios, funcionando como elemento *plus* para el producto total que genere socio-placer, que influirá directamente en la percepción del producto ampliado.

#### Recomendaciones e insights

Como resultado de esta sesión de grupo, se ha concluido que la jardinería no es una actividad que se realiza solamente por el bienestar de las plantas, sino que tiene efectos relajantes y conlleva una fuerte carga ideológica de convivencia familiar y autosuficiencia, lo que influye la emoción que genera. Esto es una cuestión que no se considera en otros productos de jardines verticales y que en el caso de ser explotado puede influir en el grado de aceptación del producto.

Debido a que la sesión de grupo demostró la existencia de una fuerte carga emocional que provocan las plantas y la interacción con ellas en los usuarios, se recomienda que el sistema de jardín vertical mantenga dicha interacción con las plantas intacta, respetando sus hábitos y preferencias. Es decir, tanto el contenido (las plantas) como la interacción de las personas con el sistema de jardín vertical son de suma importancia para la experiencia del usuario y las cuestiones emocionales que suscitará en ellos. La interacción con el sistema debe retomar los hábitos y preferencias de las personas en cuanto al cuidado del sistema, para que sea congruente con los usuarios y facilitar el uso del sistema, resultando finalmente en una buena experiencia de uso y en el afecto por el producto.

En función de lo precedente, se deben considerar como requerimientos de diseño las siguientes cuestiones:

- El sistema de jardín vertical debe ser de sustrato (no hidropónico).
- El sistema debe facilitar la interacción de los usuarios con las plantas.
- Debe ser móvil (para facilitar el uso del sistema y corresponder a los hábitos de los usuarios).

---

<sup>8</sup> Entendiendo heurística como “manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc.” (Real Academia Española, 2013, párr. 6).

- Debe ser versátil para posibilitar el reacomodo dentro de un espacio determinado.
- Debe ser eco-amigable.
- Debe poder incluir flores, preferiblemente perenes.
- De ser posible poder cultivar hortalizas (esto es un requerimiento de menor importancia).

Aparte de la cuestión del diseño surgió una cuestión que está intrínsecamente relacionado que puede considerarse para trabajo futuro. La creación de sistemas de difusión de información sobre el cuidado de las plantas, como la construcción de aplicaciones o sitios web son productos *plus* que abordan la necesidad de difusión de información y comunicación que tiene este grupo que genera un mayor afecto con el sistema. Por estos medios pueden difundir información del cuidado de las plantas de una manera simplificada y por el cual se plantea forjar una comunidad de personas con intereses en jardinería, y así cubrir la necesidad de socio-placer de los usuarios del sistema.

Es importante notar que debido a la postura cognitivista sobre emoción que tiene este análisis (que se refiere al papel de la memoria en la interpretación del significado de la relación causal entre estímulo-emoción) es necesario crear experiencias de los usuarios con el producto para poder promover el producto. La estrategia ideal sería creando experiencias desde el hogar, pero cuya posibilidad de implementación es limitada. Alternativamente se plantea crear dichas experiencias en lugares públicos.

El análisis de contenido de la sesión de grupo definió una serie de características funcionales para el diseño del sistema de jardín vertical. Con ello, se dio por concluida las investigaciones necesarias para el diseño de producto.

### 3.3. DEFINICIÓN

Cada investigación determinó una serie de datos sustanciales para el proyecto. La figura 26 esquematiza tales datos catalogados según el estudio que lo determinó. Las necesidades han sido traducidas a requerimientos del producto (también conocidos como especificaciones o medidas) mediante una matriz de necesidades-medidas (Tabla 10).

La matriz necesidades-medidas es una herramienta elemental de la casa de la calidad, una técnica gráfica que se usa en el Despliegue de la Función de Calidad (DFC) de Hauser y Clausing (Ulrich, 2009), que indica la intensidad de la relación que existe entre las necesidades establecidas con los requerimientos funcionales (functional requirements).



Figura 26. Esquema de información recopilada según su estudio de origen. Fuente: Elaboración propia.

Las tablas 10 a 12 son formatos rescatados de QFD Online (2010). Para completar la matriz de necesidades-medidas (Tabla 10) fue necesario valorar cada necesidades detectada. Para obtener un valor que reflejara los resultados de cada estudio, se promediaron los valores de importancia asignados en cada estudio, en una escala de 1 a 5 (Tabla 9). El promedio fue usado para asignar la importancia de la necesidad (Weight /importance) que determinó la importancia relativa (*Relative wieght*) de las necesidades (Tabla 11).

Una vez calculada la importancia y la importancia relativa de las necesidades, estos valores son incorporados en la matriz de necesidades-medidas (Tabla 10), donde se relacionan las necesidades detectadas con las medidas (o especificaciones) según la intensidad (sea 9 que existe una relación fuerte, 3 indica una relación media y 1 que tiene poca relación).

Las medidas (también referidos como requerimientos o especificaciones) planteadas surgieron de las necesidades, considerando que fuesen medibles y pertinentes para el proyecto.

Unas de las medidas y necesidades requirieron una mayor consideración que otras. Se excluyó la necesidad de reducir la temperatura del espacio de la lista de necesidades (bajo la columna de *Demand quality* de la tabla 10) porque a pesar de que es posible, el alcance del proyecto no permite que se evalúe por la falta de prototipo. Además el minimizar el costo del sistema influirá en la configuración de ciertas características del jardín vertical, mas no obstante no es un elemento que se va a medir como parte del proyecto de porque excede los límites planteados.

La selección de la medida de “buena filtración” es un requerimiento que requirió una mayor valoración. Mientras que la investigación bibliográfica reveló que la porosidad y permeabilidad podrían ser características medibles para el sistema, se encontró que una filtración adecuada es suficiente para mantener las plantas en buen estado, lo que subsiguió la decisión de optar por la medida de “buena filtración”.

Las medidas de resistencia a la intemperie y resistencia al impacto serán considerados con una baja exigencia, es decir, requerirán respectivamente de valores reducidos de tiempo de exposición a rayos UV y fuerza de choque. Al ser un sistema de jardín vertical para interior, no estará expuesto a condiciones extremas de intemperie ni sujeto a impactos constantes. Se decidió asignar la resistencia a la intemperie con una meta de “Binario, Si” porque se considerará mediante las características o valoraciones del material realizado o presentados por los proveedores y no por los valores de tiempo de exposición del material.

Tabla 9. Valoración de necesidades según estudio realizado

Núm.	Necesidad	Estudio				Promedio
		A	B	C	D	
<b>Necesidades Funcionales</b>						
1	Debe ser un sistema no hidropónico	-	5	3	5	4.3
2	Ocupar poco espacio	-	2	-	-	2.0
3	Tamaño adecuado para promedio de la raíz de las plantas	-	-	4	-	4.0
4	Poder cultivar plantas florales (preferiblemente perenes)	4	5	-	5	3.5
5	Mantener plantas de sombra y media sombra	4	5	5	5	4.8
6	Permitir filtración de agua	4	-	5	-	4.5
7	Mantener húmedo el sustrato	-	-	-	-	3.0
8	Contar con varios tamaños	-	-	-	2.5	2.5
9	Variación entre tamaño de macetas adecuado	-	-	-	-	4.0
10	Debe resistir caídas accidentales	-	-	-	-	3.5
11	Debe ser ligero para mover	-	3	-	5	4.0
12	Su instalación no debe ser tardada	-	-	-	-	3.0
<b>Necesidades Emocionales-Funcionales</b>						
13	Facilitar la interacción de los usuarios con las plantas. (Esto es el movimiento de las plantas a otros lugares, para poderlas manejar)	-	3	-	5	4.0
14	Adaptable a diversos espacios	-	-	-	4	4.0
15	No fijo (versátil)	-	-	-	3.3	3.3
<b>Necesidades Emocionales</b>						
16	Tener un aspecto formal agradable	-	5	-	5	5.0
17	Sugerir el valor de familia	-	-	-	-	4.0
18	Un sistema amigable con el medio ambiente.	-	1	-	1.7	1.4
<b>Necesidad Estructurales</b>						
19	Debe minimizar el daño al muro	2	-	-	1.7	1.9
20	Sistema movable	-	-	-	5	5.0
<b>Necesidad Comerciales</b>						
21	Debe costar menos de \$1200 el metro cuadrado	4	5	4	4	4.3

**Nota:** Estudios A: Análisis de mercado, Estudio B: Encuestas, Estudio C: Entrevistas con especialistas, Estudio D: Sesión de grupo. Se usó una escala ordinal para la valoración de 1 a 5, donde 1 es que tiene poca importancia y 5 es que tiene mucha importancia. Las líneas indican que no se revisaron esos puntos en los estudios.

Tabla 10. Matriz de necesidades-medidas

			Relationship Between Requirements: 9 - Strong 3 - Moderate 1 - Weak									
			Column Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	9	9	9	3
			Requirement Weight	111.711	16.5789	59.2105	53.9474	48.5526	81.3158	61.5789	50.9211	18.2895
			Relative Weight	8.92	1.32	4.73	4.31	3.88	6.50	4.92	4.07	1.46
			Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	7	7	3	6	8	7	6	2	2
			Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	x	x	x	x	▼	▼	x	x	x
			Target or Limit Value	Binario, Sí	Binario, Sí	Subj.	Subj.	Cantidad	Cantidad	Binario, Sí	Binario, Sí	Binario, Sí
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Fácil interacción	Minimizar impacto ambiental	Aspecto agradable independiente	Evoka familia	Número de piezas de instalación	Número de incidencias a un soporte por metro cuadrado	Autosoportante	Sistema de sustrato	Sistema tipo Kit
Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")												
1	9	5.66	Debe ser un sistema no hidropónico	3							e	
2	9	2.63	Ocupar poco espacio									
3	3	5.26	Tamaño adecuado para promedio de la raíz de las plantas									
4	3	4.61	Poder cultivar plantas florales (preferiblemente perenes)									
5	1	6.32	Mantener plantas de sombra y media sombra									
6	9	5.92	Permitir filtración de agua									
7	9	3.95	Mantener húmedo el sustrato									
8	9	3.29	Contar con varios tamaños									
9	3	5.26	Variación de tamaño de macetas adecuado									
10	9	4.61	Debe resistir caídas accidentales									
11	9	5.26	Debe ser ligero para mover	9								
12	9	3.95	Su instalación no debe ser tardada					9				
13	9	5.26	Facilitar la interacción de los usuarios con las plantas.	9								
14	9	5.26	Adaptable a diversos espacios									1
15	9	4.34	No fijo (versátil)					3	9	9		3
16	9	6.58	Tener aspecto agradable individual			9	1					
17	9	5.26	Sugerir el valor de familia				9					
18	9	1.84	Un sistema amigable con el medio ambiente.		9							
19	9	2.50	Debe minimizar el daño al muro						9	9		
20	9	6.58	Sistema movable						3			
21	3	5.66	Debe costar menos de \$1200 el metro cuadrado									

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	3	9	9
74.2105	44.0789	26.9737	64.8684	114.474	51.3158	45.3947	31.5789	41.4474	123.553	13.8158	46.4474	71.4474
5.93	3.52	2.15	5.18	9.15	4.10	3.63	2.52	3.31	9.87	1.10	3.71	5.71
4	4	3	3	6	6	7	7	8	9	9	4	5
x	x	x	x	x	x	x	x	x	▼	▼	x	x
Binario, Sí	mm	mm	Binario, Sí	Binario, Sí	Binario, Sí	Cantidad	mm	KN	Kg	Binario, Sí	Binario, Sí	Binario, Sí
Sistema de irrigación por gravedad			Mecanismo recolección de agua	Movilidad	Adaptabilidad	Variación de tamaños de macetas	Variación de tamaños de macetas adecuado	Resistencia al impacto	Masa total	Resistencia a la intemperie	Elemento humidificante	Buena filtración
	9	9		1								
	3						3					
	1									3	1	
			1								1	1
9			3									9
1			9								9	3
		1				9						
						3	3					
								9				
									9			
					1							
				9								
			1	1	9							
					9					9		
3										3		

Tabla 11. **Importancia e importancia relativa (*relative weight*) de necesidades**

Row Number	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Weight / Importance	Relative Weight
1	Debe ser un sistema no hidropónico	4.3	5.66
2	Ocupar poco espacio	2	2.63
3	Tamaño adecuado para promedio de la raíz de las plantas	4	5.26
4	Poder cultivar plantas florales (preferiblemente perenes)	3.5	4.61
5	Mantener plantas de sombra y media sombra	4.8	6.32
6	Permitir filtración de agua	4.5	5.92
7	Mantener húmedo el sustrato	3	3.95
8	Contar con varios tamaños	2.5	3.29
9	Variación de tamaño de macetas adecuado	4	5.26
10	Debe resistir caídas accidentales	3.5	4.61
11	Debe ser ligero para mover	4	5.26
12	Su instalación no debe ser tardada	3	3.95
13	Facilitar la interacción de los usuarios con las plantas.	4	5.26
14	Adaptable a diversos espacios	4	5.26
15	No fijo (versátil)	3.3	4.34
16	Tener aspecto agradable individual	5	6.58
17	Sugerir el valor de familia	4	5.26
18	Un sistema amigable con el medio ambiente.	1.4	1.84
19	Debe minimizar el daño al muro	1.9	2.50
20	Sistema movable	5	6.58
21	Debe costar menos de \$1200 el metro cuadrado	4.3	5.66

Los formatos fueron completados con la información del proyecto siguiendo las instrucciones de llenado de la institución. QFD Online (2010) recomienda que en la matriz de necesidades-medidas (Tabla 10) se considere únicamente las necesidades directas y solo se relacione una medida con máximo 3 necesidades. Además se realizaron las siguientes consideraciones de Ulrich (2009):

- Preferiblemente una necesidad corresponde a una medida, pero se puede presentar coocurrencia entre necesidades para una misma medida.
- Las medidas son variables dependientes y prácticas, es decir, son observables o analizables de manera directa.
- Incluye criterios comunes para la comparación del mercado.

De la matriz de necesidades-medidas (Tabla 10) derivó la lista de especificaciones (Tabla 12) con su importancia relativa (*Relative weight*) que es relevante para el proyecto.

Tabla 12. Lista de especificaciones derivada de la matriz de necesidades-medidas

Row Number	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	Target or Limit Value	Max Relationship Value	Requirement Weight	Relative Weight (Relative Importance)
1	Fácil interacción	x	Binario, Sí	9	111.71	8.92%
2	Minimizar impacto ambiental	x	Binario, Sí	9	16.58	1.32%
3	Aspecto agradable independiente	x	Subj.	9	59.21	4.73%
4	Evoca familia	x	Subj.	9	53.95	4.31%
5	Número de piezas de instalación	▼	Cantidad	9	48.55	3.88%
6	Número de incidencias a un soporte por metro cuadrado	▼	Cantidad	9	81.32	6.50%
7	Auto-soportante	x	Binario, Sí	9	61.58	4.92%
8	Sistema de sustrato	x	Binario, Sí	9	50.92	4.07%
9	Sistema tipo Kit	x	Binario, Sí	3	18.29	1.46%
10	Sistema de irrigación por gravedad	x	Binario, Sí	9	74.21	5.93%
11	Diámetro de maceta	x	mm	9	44.08	3.52%
12	Profundidad de maceta	x	mm	9	26.97	2.15%
13	Mecanismo recolección de agua	x	Binario, Sí	9	64.87	5.18%
14	Movilidad	x	Binario, Sí	9	114.47	9.15%
15	Adaptabilidad	x	Binario, Sí	9	51.32	4.10%
16	Variedad de tamaños de macetas	x	Cantidad	9	45.39	3.63%
17	Variación de tamaños de macetas adecuado	x	mm	3	31.58	2.52%
18	Resistencia al impacto	x	KN	9	41.45	3.31%
19	Masa total	▼	Kg	9	123.55	9.87%
20	Resistencia a la intemperie	▼	Binario, Sí	3	13.82	1.10%
21	Elemento humidificante	x	Binario, Sí	9	46.45	3.71%
22	Buena filtración	x	Binario, Si	9	71.45	5.71%

**Nota:** La columna de Target limit value se refiere a la unidad de evaluación de dado requerimiento. Esto puede ser: Una unidad métrica, subjetivo, cantidad o binario sí o no (si se refiere a una evaluación afirmativa o negativa). Las columnas de max relation value, requirement weight, requirement relative weight son dependientes de las relaciones indicadas en la matriz de necesidades-medidas.

Como parte del análisis de definición del producto, se estableció la siguiente arquitectura de producto, visualizada en la figura 27, que considera las unidades funcionales del sistema. Independiente del concepto que desarrollado, el jardín vertical debe contar con soporte sobre el cual se acomoden los contenedores de las plantas, sean macetas o nichos, y un sistema de irrigación. El sistema de irrigación debe tener una distribución local que dirija del agua a cada uno de los contenedores y recolectarlo en un depósito de recepción.

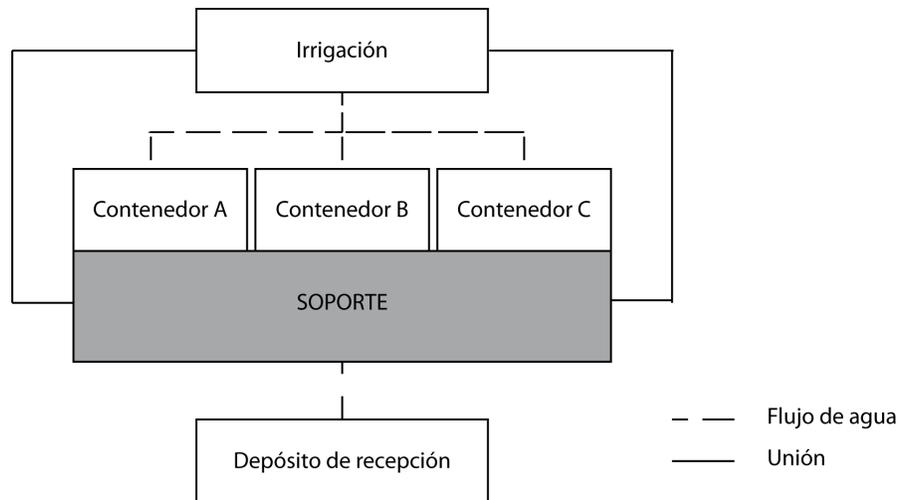


Figura 27. Arquitectura del jardín vertical. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la matriz de necesidades-medidas (Tabla 10) y la lista de especificaciones (Tabla 12), se lograron establecer los requerimientos (o especificaciones) que debe cumplir la propuesta a desarrollar. El procedimiento seguido permitió aseverar que las especificaciones y su importancia relativa corresponden a las necesidades del mercado detectados en los estudios. Dicha lista de especificaciones se usó más adelante para evaluar bocetos y la propuesta final resultado del proyecto. Además la aclaración de la arquitectura del producto permitió entender como funcionan los elementos del sistema y cómo se pueden distribuir. De esta manera se concluyó la parte de definición de producto que se realizó.

# IDEACIÓN

En esta sección se revisará el proceso de conceptualización que se llevó a cabo en el desarrollo del producto con el propósito de mostrar la evolución del concepto y las decisiones esenciales que lo definieron.

## 4.1. SELECCIÓN DE CONCEPTO

Con las consideraciones de las especificaciones de diseño planteadas, se realizaron varias propuestas en la etapa de bocetaje (incluidos en el anexo 5), que fueron posteriormente evaluados en una matriz de selección (Tabla 13) donde se valoró cada propuesta en función de las especificaciones. Cada concepto se evaluó en una escala ordinal de 0 a 3, donde 0 significa que el concepto no lo puede cumplir y 3 que lo acata por completo. El valor total de cada concepto en la matriz de selección es la sumatoria de los valores asignado multiplicados por la importancia relativa correspondiente (*relative weight importance*) determinada en la lista de especificaciones (Tabla 12). La figura 28 muestra el concepto seleccionado que obtuvo el valor de 2.16 en la matriz de selección.

Tabla 13. **Matriz de selección de conceptos de diseño**

	Requerimientos	Relative weight importance	Conceptos										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Fácil interacción	8.92%	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	Aspecto agradable independiente	4.73%	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
4	Evoka familia	4.31%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Número de piezas de instalación	3.88%	1	0	1	2	2	3	2	3	2	2	2
6	Número de incidencia por metro cuadrados a un soporte	6.50%		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	Autosoportante	4.92%	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2
8	Sistema de sustrato	4.07%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	Sistema tipo Kit	1.46%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

10	Sistema de irrigación por gravedad	5.93%	2	1	1	3	3	3	3	3	1	2	1
11	Diámetro de maceta	3.52%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	Profundidad de maceta	2.15%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	Mecanismo de desagüe	5.18%	3	1	1	3	3	2	1	2	2	2	2
14	Movilidad	9.15%	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	1
15	Adaptabilidad	4.10%	2	1	1	2	2	1	1	2	2	3	1
16	Variedad de tamaños de macetas	3.63%	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
17	Tamaños de macetas adecuado	2.52%	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2
19	Masa total	9.87%	2	3	2	1	1	2	2	2	2	2	2
21	Elemento humidificante	3.71%	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
22	Buena filtración	5.71%	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
	<b>TOTAL</b>	<b>94.26%</b>	<b>1.82</b>	<b>1.63</b>	<b>1.57</b>	<b>2.04</b>	<b>1.98</b>	<b>2.05</b>	<b>1.94</b>	<b>2.08</b>	<b>1.84</b>	<b>2.16</b>	<b>1.75</b>

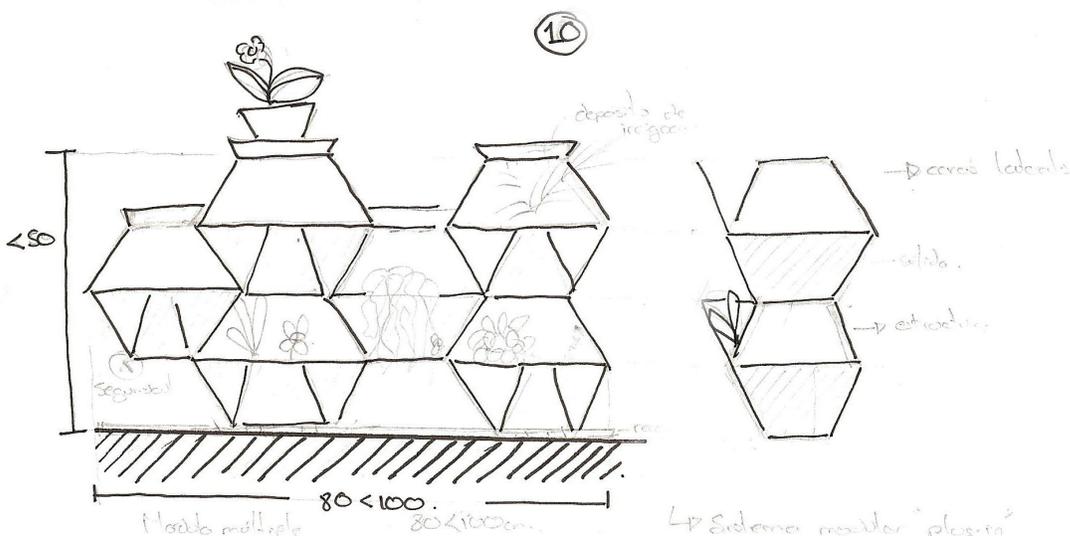


Figura 28. Boceto de concepto número 10. Fuente: Elaboración propia.

Este concepto surgió a partir de un ejercicio de sinéctica mediante simbolismo con un panel de abejas, porque se encontró que las abejas y las estructuras que crean, son elementos que evocan unidad, comunidad y familia debido a que son organismos cuya sobrevivencia depende del grupo.

Complementario a la función emotiva del símbolo, la eficiencia espacial fue fundamental en la selección de la asociación. Al seguir la estrategia de desmaterialización para minimizar impacto ambiental, fue imprescindible formular una forma eficiente de acomodar el mayor número de macetas usando el mínimo de material posible y que al mismo tiempo cumpliera con las demás especificaciones. Un relleno eficiente es aquella igualdad de área que comparado con otro relleno, consigue minimizar el perímetro total. Hales (2001) demuestra matemáticamente en su trabajo “*The Honey-*

*comb conjecture*” que los hexágonos regulares son las estructuras más eficientes.

El concepto sobre el que se trabajó tiene una arquitectura de producto que considera un esquema mixto de 3 elementos: contenedores individuales (macetas), soporte y un sistema de irrigación integrado. Consta de un módulo con cuatro nichos para colocar macetas individuales de tres tamaños diferentes. Un módulo es conformado por 2 marcos y 4 charolas de unión; las charolas de unión unen los marcos y soportan las macetas individuales. La estructura es armada mediante la estiba de los módulos, unidos por los marcos y por tubos de unión adicionales que ligan las charolas de unión. Al módulo de la base se le coloca un depósito de recepción que sirve como soporte de la estructura y elemento de recolección de agua para el sistema de irrigación por goteo.

Por la forma, los sistemas de ensamble y para reducir costos, el moldeo por inyección fue el proceso de producción seleccionado para el producto. El proceso es un sistema de producción de gran escala, con una alta capacidad de repetitividad y posibilidad de realizar piezas con tolerancias pequeñas. Además posibilita realizar texturas integradas a la forma, al igual que incorporar elementos estructurales a las piezas y elementos de ensamble (Bayer Material Science, 2000).

## 4.2. DETALLES DE DISEÑO DEL CONCEPTO

Una vez seleccionado el concepto básico, se prosiguió con la definición del producto donde se determinó la forma final, las medidas, los materiales, los sistemas de unión de las piezas y los elementos estructurales. Las estrategias de diseño de desmaterialización y minimización de costos delimitaron la toma de decisiones durante todo el proceso.

Se hicieron diferentes conceptos generales (Figura 29) en los que se exploraron variaciones de forma, ensamble, sistema estructural y sistema de recolección de agua para cumplir con el resto de las especificaciones. La exploración formal se concretó en el concepto de la figura 30 que fue la base sobre el que se detalló las piezas.

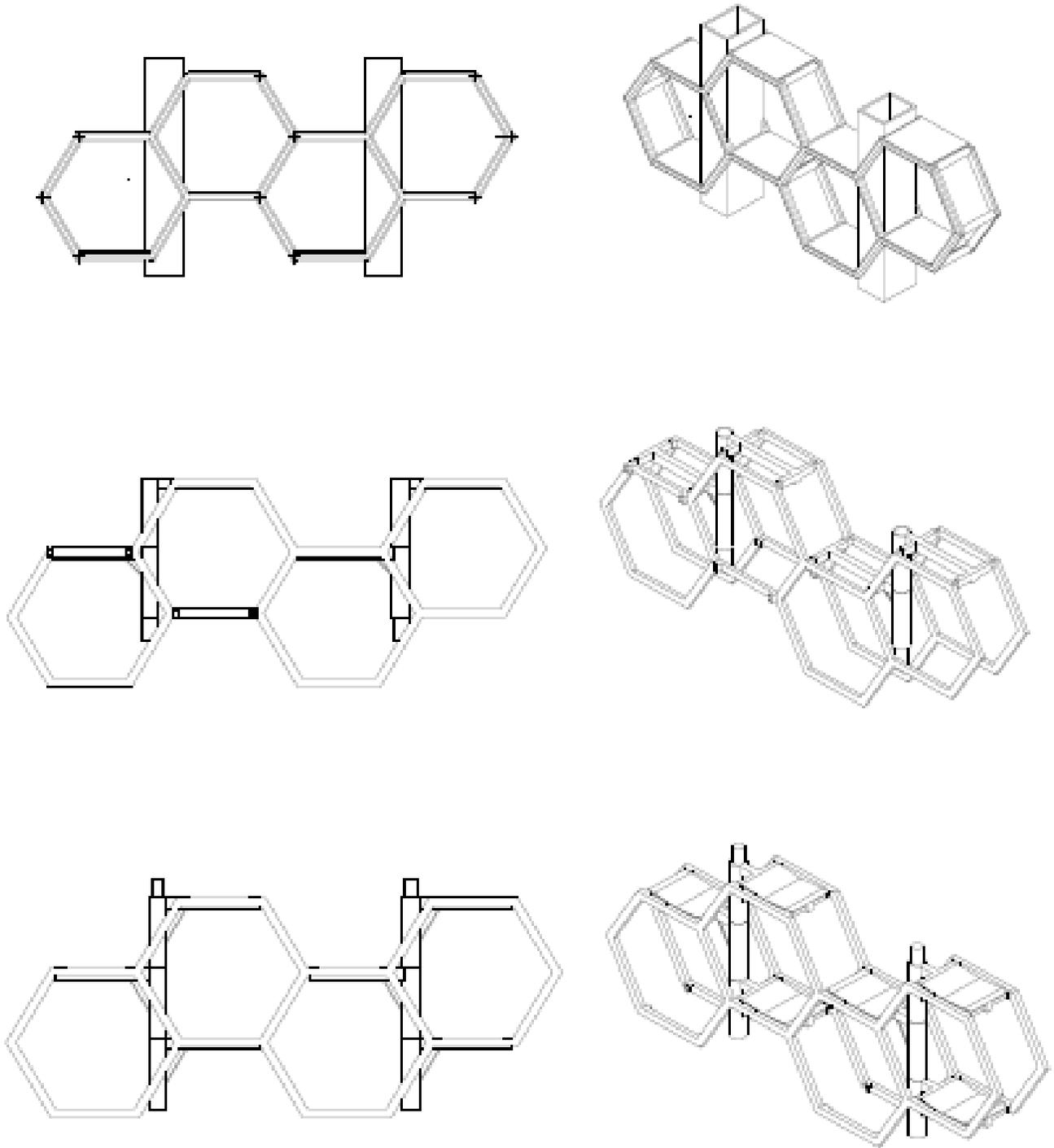


Figura 29. Conceptos generales número 1,2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

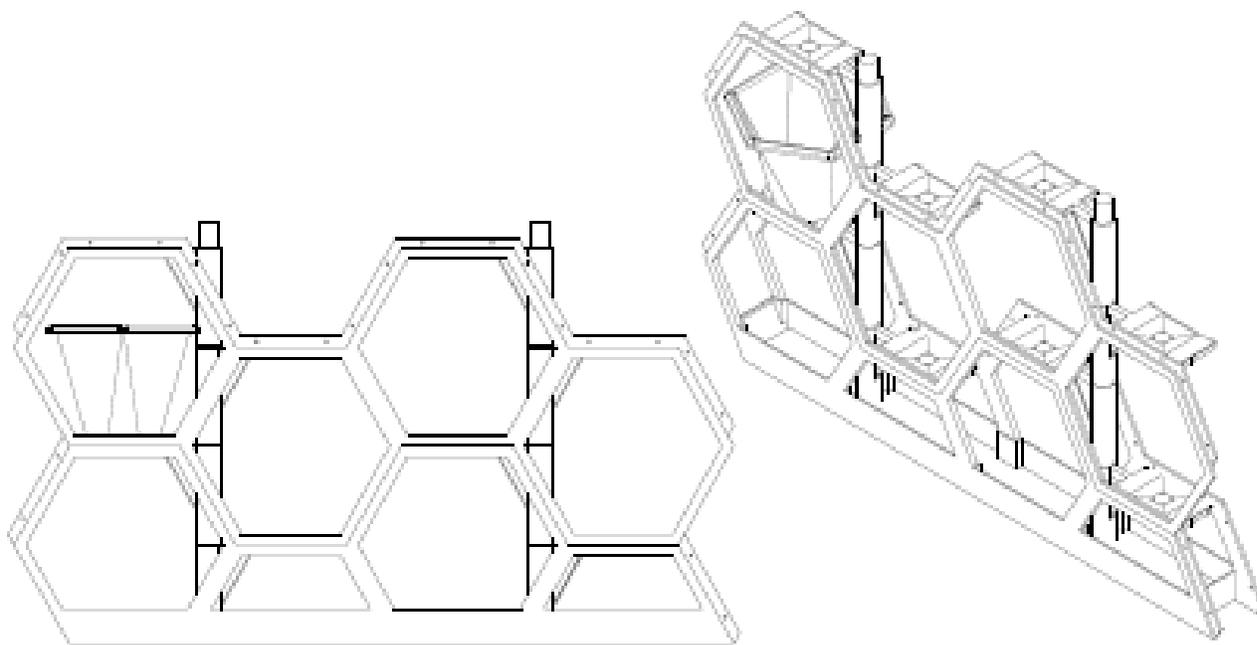


Figura 30. Concepto general número 4. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1. Definición de piezas

La definición de las medidas del módulo partió de las dimensiones necesarias de los contenedores (o macetas) individuales. Mediante una breve inspección tipológica de macetas de plástico y apoyando en la investigación bibliográfica de vegetación, se determinó que los diámetros de las macetas varían en un rango de 2 pulg. a 18 pulg. Las diferencias de diámetros entre tamaños seriados de macetas es típicamente de 2 pulg. mientras que de altura la diferencia es de  $\frac{1}{2}$  pulg. Con estas consideraciones, se definieron medidas aproximadas de las macetas (Tabla 14).

Tabla 14. **Medida de las macetas para el sistema.**

<b>Propuesta</b>	<b>Altura (h)</b>	<b>Anchura mayor (A)</b>
Pequeño	2.75 pulg. = 68.9mm	4 pulg.= 101.6 mm
Mediano	5.5 pulg. = 114.3 mm	6 pulg. = 152.4 mm
Grande	6.75 pulg. = 171.45mm	8 pulg.= 203.2 mm

Tomando la medida máxima de la maceta, se identificó que se requería una figura hexagonal que sostuviera cómodamente la maceta, con espacio para la planta.

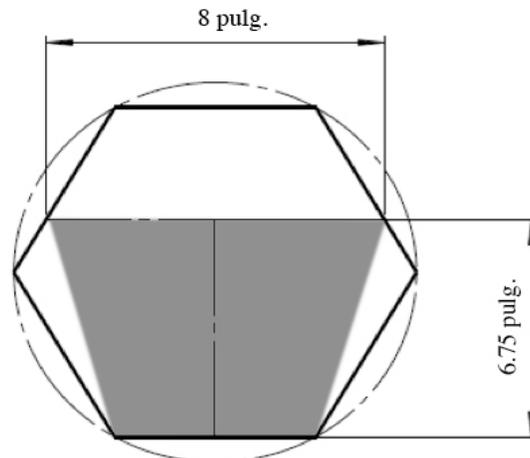


Figura 31. Esquema de hexágono tal que mantenga una maceta grande. Fuente: Elaboración propia.

Este tamaño de la maceta es adecuado para el trabajo que han de realizar los usuarios. El diámetro del contenedor deja un espacio de separación aceptable entre las manos (Figura 32). Además, el peso máximo de la maceta (6.5 kg si se considera un contenedor lleno con tierra mojada) es mucho menor al peso máximo estatutario para mujeres adultas permisible en muchos países. En promedio, la mayoría de los países establece para mujeres adultas 25 kg como el peso máximo permisible, con el 50% de los valores ubicados dentro de un rango de 20 kg a 25 kg (Pheasant, 1996). Además la adaptabilidad del sistema permite al usuario colocar el módulo a la altura que más le acomode para realizar sus tareas (Figura 33).



Figura 32. Revisión de posición de manos. Fuente: Elaboración propia.

En función de estas dimensiones se especificó el tamaño del marco. Una vez establecidas las medidas adecuadas del marco se exploraron dos configuraciones formales: el primero de superficie frontal lisa (Figura 34) que evolucionó en una superficie irregular (Figura 35) con el objetivo de alcanzar un aspecto más atractivo. Las opciones de marco pasaron a ser evaluadas por los usuarios en la sesión de grupo de evaluación.

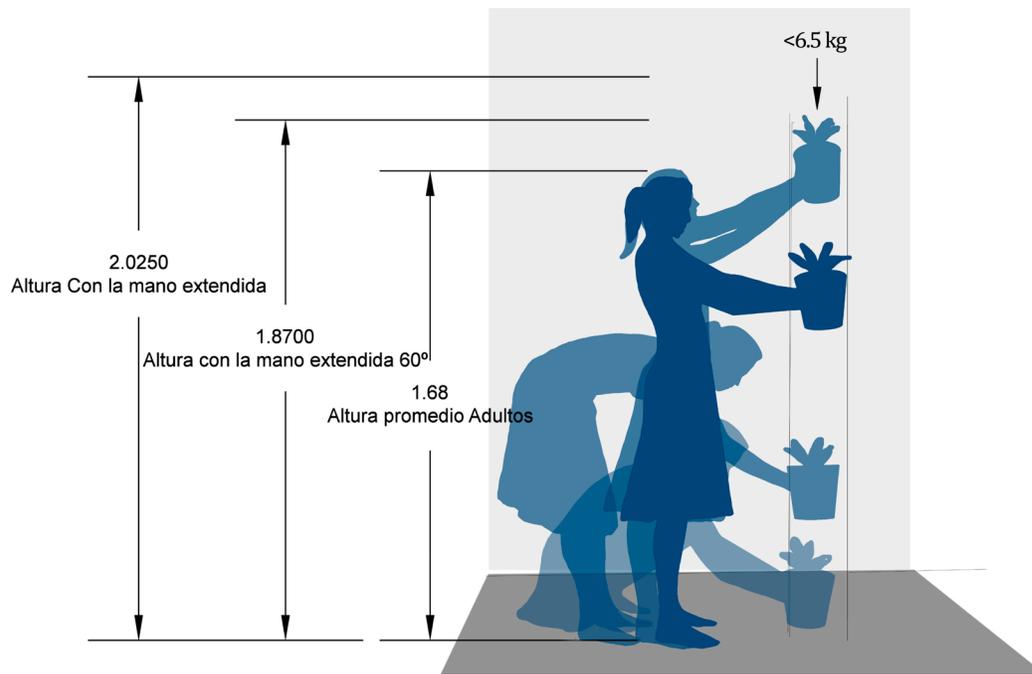


Figura 33. Exploración de alturas para la tarea a realizar, usando medidas de adultos del Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2014). Fuente: Elaboración propia.

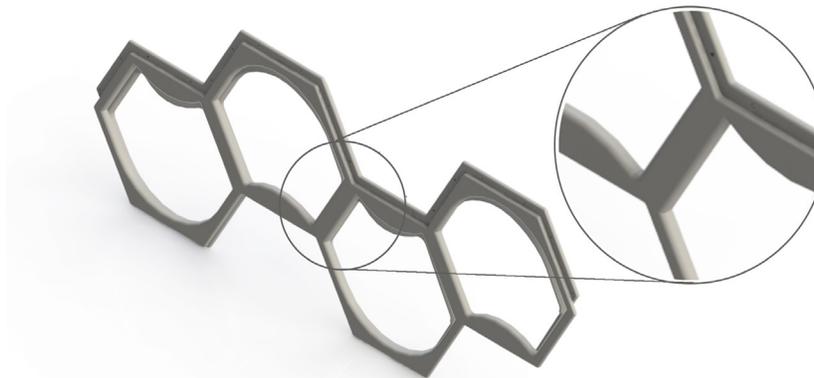


Figura 34. Concepto de marco de superficie lisa. Fuente: Elaboración propia.

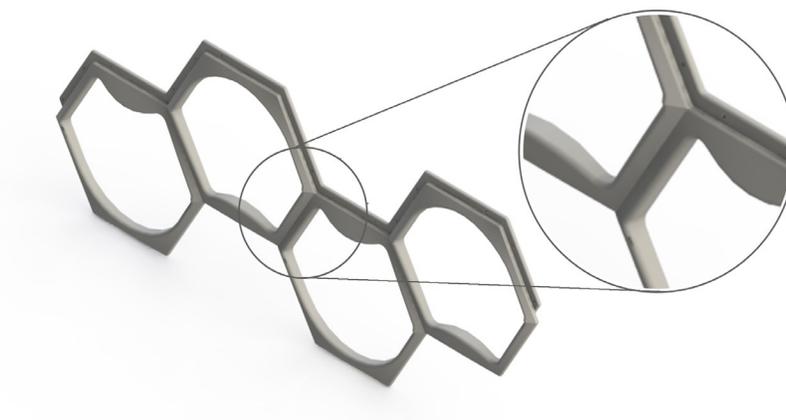


Figura 35. Concepto de marco de superficie irregular. Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecidas las medidas generales del marco se prosiguió con la definición del soporte. Este elemento se conforma por el depósito de agua y la charola de unión, que están unidos mediante el tubo de unión y tubo de soporte.

La charola de unión se dimensionó de manera que soportara y uniera el marco establecido. La evolución de la pieza (Figura 36) estuvo dirigida a determinar una forma ensamblable que actuara como el elemento de carga para la estructura completa y el peso de la maceta individual. Los análisis mecánicos de la pieza (Anexo 7.1) definieron las medidas de la pieza. Más adelante se realizó la evaluación de los sistemas de unión de la charola (Tabla 16 y tabla 17).

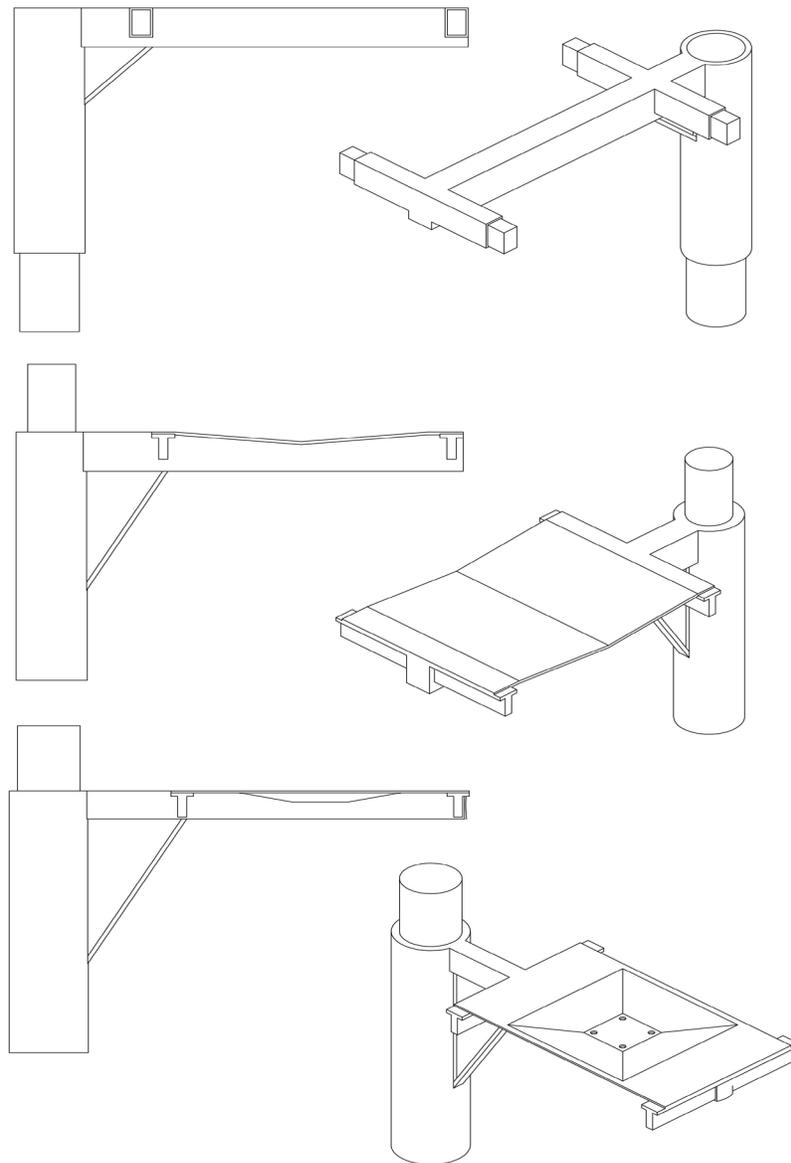


Figura 36. Evolución de concepto de la charola de unión. Fuente: Elaboración propia.

Paralelamente a la definición de la charola, se realizaron varias propuestas de depósito (Figura 37) que fueron evaluados en una matriz de selección con criterios específicos de la pieza (Tabla 15) para seleccionar el concepto final. Los tubos de unión se definieron de manera en que la altura a posicionara correctamente la charola de unión con el marco.

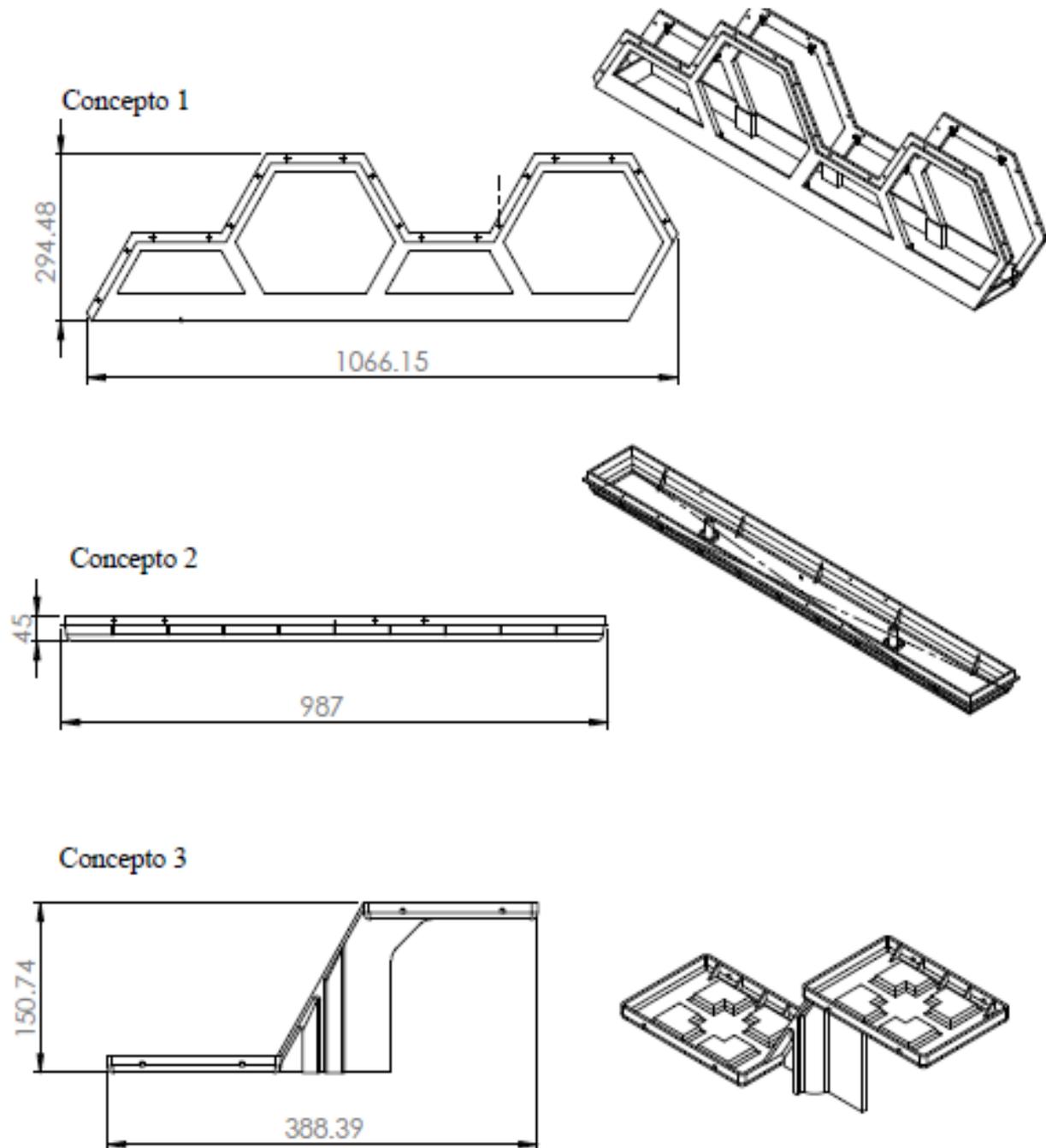


Figura 37. Conceptos de depósito. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. **Matriz de selección de conceptos de base**

<b>Base</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Costo reducido.	1	2	3
Optimización de espacio	1	1	3
Tolerancia amplia	2	2	3
Estabilidad estructural.	3	3	3
Facilidad de unión (usuarios)	2	3	3
Apariencia	2	3	3
Total	11	14	18

Hasta este punto del proyecto se contó con una definición formal y un dimensionamiento preliminar de las piezas, con lo que se prosiguió con la especificación de los sistemas de unión entre las piezas.

#### 4.2.2. Sistemas de unión entre piezas

Los puntos de unión con otras piezas fueron de particular importancia y requirieron una selección más detallada. La charola de unión se une con el marco en ambos extremos laterales y es el punto de unión para otros módulos tanto superiores como inferiores por medio de los tubos de unión o por el tubo de soporte cuando la charola se une con el depósito. Por tanto esta pieza tiene dos elementos de unión desmontables: Charola de unión con tubo de unión (unión C-T) y charola de unión con marco (unión C-M).

Existen muchas alternativas de uniones que se pueden usar para estos elementos, por tanto la selección del tipo de unión requirió una matriz de selección con criterios particulares de la unión. En la matriz cada criterio fue evaluado en una escala ordinal de 0 a 3, donde 0 significa que no cumple y 3 que lo cumple completamente.

En la matriz de selección de la unión C-T (Tabla 16) se evaluaron 4 tipos de uniones (Figura 38):

1. Engarce por patilla anular.
2. Engarce por corchete cilíndrico.
3. Rosca de  $\frac{1}{2}$  vuelta.
4. Rosca doble.

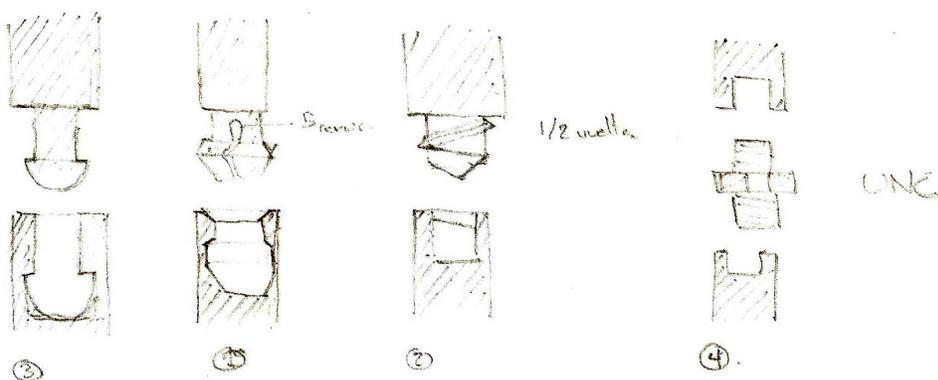


Figura 38. Sistemas de unión para charolas evaluados. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Matriz de selección de conceptos de uniones entre charolas y tubos de unión

Charola de unión- tubo de unión	1	2	3	4
Tolerancia amplia	3	1	3	3
Estabilidad	3	3	2	1
Costo reducido.	2	1	2	3
Usuarios pueden unir las charolas fácilmente	3	2	3	3
Apariencia	1	1	1	1
Capacidad de carga Axial	3	3	3	3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

La evaluación de las opciones indicó que la unión más adecuada es el sistema engarce por patilla anular. Esta unión se puede producir de manera integrada a la pieza fabricada por moldeo de inyección, sin requerir elementos de moldes adicionales o complicados, y tiene una tolerancia de error más amplia comparado a otros tipos de unión (Bayer, s.f). Además es un sistema que puede soportar cargas axiales, es fácil de ensamblar y desensamblar y se considera estable.

Para la unión C-M, se evaluaron 6 conceptos diferentes (Tabla 17 y figura 39) también respecto a necesidades particulares de la unión.

Se seleccionó una unión de engarce por patilla. Adicionalmente, se consideró necesario agregar una unión macho hembra para soportar las cargas del marco. La combinación de uniones se cuidó que fueran compatibles, es decir que permitieran los movimientos para que se pudiera armar.

Tabla 17. Matriz de selección de conceptos de uniones de la charola con los marcos

Marco-uni3n	1	2	3	4	5	6
Tolerancia amplia	3	3	2	3	3	2
Estabilidad	2	2	3	1	2	2
Costo reducido.	2	2	2	1	2	2
Facilidad de uni3n (usuarios)	2	2	3	3	3	3
Apariencia	0	0	1	2	1	1
Capacidad de carga normal	2	1	2	1	2	2
Compatibilidad con uni3n-uni3n	2	2	3	0	3	3
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>15</b>

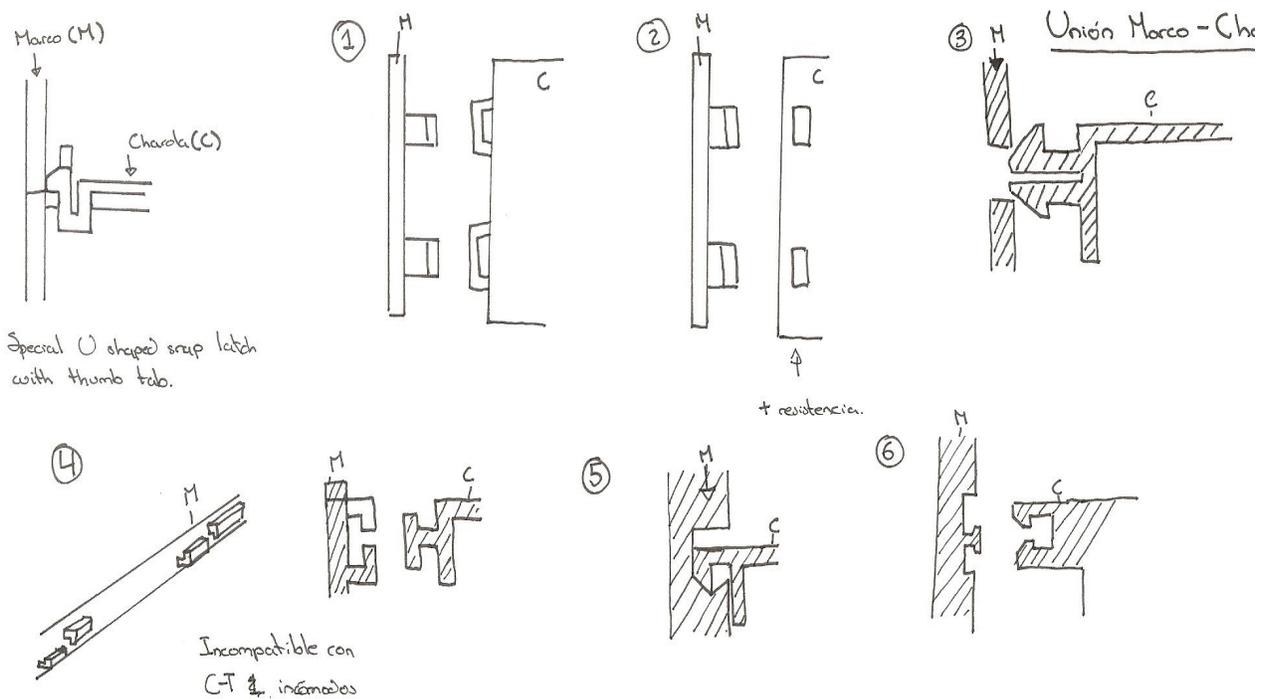


Figura 39. Conceptos de uniones de charola con marcos. Fuente: Elaboraci3n propia.

### 4.2.3. Defini3n de caracter3sticas espec3ficas

#### Selecci3n de material

Con el prop3sito de realizar una selecci3n de material adecuado, se sigui3 la metodolog3a de selecci3n de material de Ashby (2005). La selecci3n de material es importante para la producci3n

de objetos porque es imperativo encontrar aquel material que cumpla con su función mecánica dentro de los límites del problema. La vasta variedad de materiales en el mercado complica la tarea porque requiere que se revisen muchos materiales antes de tomar una decisión correcta. Ante este problema Ashby (2005) propone una aproximación lógica para seleccionar materiales de piezas mecánicas útil para el presente proyecto, donde primero identifica el atributo deseado y luego compara los atributos de materiales posibles. La metodología consta de 4 pasos: traducción, detección de materiales, clasificación de estos e investigación de material de soporte.

La traducción es la etapa donde se transcribe el problema de diseño en términos que permiten interpretar correctamente lo que se necesita. Se define la función y las restricciones de la pieza en cuestión, es decir define la medida que un elemento debe cargar, contener una sustancia, o transmitir calor, etc. Además identifica el objetivo de diseño que se busca cumplir y sus variables independientes.

Una vez que se ha traducido el problema de diseño se prosigue con la detección del material, donde se revisa los materiales que pueden cumplir con la función y los límites establecidos y se clasifican según la capacidad de cumplir con el límite. Finalmente se revisa la información de soporte, tales como fichas técnicas y reportes técnicos, que informan más sobre el comportamiento de los materiales que pueden ayudar a descartar otras opciones de material.

Se tomó la pieza de la charola de unión para realizar esta selección de material porque es el elemento de carga y unión principal de la estructura. La traducción del problema se planteó de la siguiente manera:

- Función: Trabajo en compresión con una fuerza de 850 N .
- Límites:
  - Límite elástico (o módulo de Young) mínimo de 6.5 GPa.
- Objetivo de diseño:
  - Resistencia a la fluencia intermedio.
  - Minimización de costo.
  - Reducir impacto en el medio ambiente.
- Variables independientes:
  - Apariencia.

Para definir la fuerza ejercida a soportar, se tomó el peso de las piezas y la macetas con tierra saturada (Tabla 18), con lo que se calculó la carga del módulo individual y la carga referente a la estiba de 6 módulos para alcanzar aproximadamente 2 metros de altura (Tabla 19). Considerando esta información, la carga total a soportar calculada fue de 163.92 kg.

Tabla 18. **Pesos por elemento de estructura**

<b>Elemento</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Estructura</b>	
Charola y tubo de unión PBT 30% GF	0.19649
Marco PBT 30% GF	0.785
<b>Maceta</b>	
Maceta grande de Film de alta densidad PE	0.14
Tierra saturada	6.3

**Nota:** Los valores considerados provienen de los cálculos de Solidworks (donde se modelaron las figuras) sobre las piezas preliminares.

Tabla 19. **Peso calculado**

<b>MÓDULOS</b>	<b>Peso (kg)</b>
Módulo individual sin base (4 uniones, 2 marco, 4 macetas con tierra saturada)	27.8
Sistema de 2 metros (6 módulos sobre la base)	163.92

Una vez definido el problema de la selección de material, se pasó a realizar la investigación documental en el que se identificaron materiales con mayor resistencia de fluencia y luego se buscó aquellos materiales que cumplieran con el límite de módulo de Young establecido a menor precio (la investigación de los materiales revisados se visualiza en el anexo 6). La resistencia a la fluencia es una característica que se consideró porque el sistema cargará una fuerza a lo largo de un periodo amplio de tiempo. La selección ulterior revisó las características particulares de cada material como el desgaste por UV y características de procesamiento que terminó por reducir la lista a cinco materiales posibles para la producción del objeto (Tabla 20). El objetivo de reducir el impacto ambiental mediante la selección final de material se evaluó en una etapa posterior.

Tabla 20. Selección semifinal de materiales.

	Materiales	Módulo de Young (Gpa)	Resistencia a la Fluencia	Índice de costo
		min-max	(índice)	
1	PVC 20% GF	4.5 - 7	3	1
2	PBT 30% GF	9.0 - 11.5	-	2
3	Polypropileno PP	1.1	2	1
4	PA 66 IM 15-30% GF	2.0 - 11	3	2
5	PA 66 30% GF	5.0 - 08	3	2

**Nota:** El índice de costo y el índice de resistencia de fluencia son previstos por el proveedor.

#### Consideración de técnicas del método de producción

El moldeo por inyección consiste en forzar plástico fusionado a presión dentro de moldes para formar piezas. Es un proceso de producción de gran escala y de ciclos de tiempos reducidos que puede fabricar con gran precisión una gran variedad de tamaños y formas. El proceso permite que se realicen texturas, elementos estructurales, elementos de ensamble, ranuras y cuerdas integrados a la pieza, por lo que se elimina la necesidad de usar procesos mecánicos adicionales (*Bayer, Material Science, 2000*).

Existe una serie de recomendaciones que se consideran en el diseño de estas piezas para reducir defectos de producción (*Bayer, Material Science, 2000*). El grosor de las paredes es uno de los aspectos de mayor importancia porque influye en el desempeño mecánico de la pieza, la apariencia, la moldeabilidad y el costo de la pieza. Normalmente se busca reducir el grosor de la pieza, diseñando con elementos de rigidez, como costillas, corrugaciones y curvas, para minimizar costos y problemas de moldeo mientras que se adecúe a las necesidades mecánicas. Si las paredes son muy delgadas se pueden producir grandes deformaciones por moldeo, problemas cosméticos o problemas de vaciado de las piezas, mientras si son demasiado gruesas se pueden requerir mayores ciclos de producción o presentar hendiduras. El grosor de pared recomendado varía, algunos autores establecen que es mejor usar un grosor entre 0.06 pulg. y 0.16 pulg. que equivale a 1.46 mm - 3.92 mm respectivamente (*Bayer, Material Science, 2000*) mientras otros de 2 mm a 4 mm. (Efunda, 2012).

Aplicar uniformidad de paredes en las piezas y usar esquinas redondeadas son prácticas recomendadas que evitan posibles deformaciones o hendiduras que se pueden presentar en la etapa de enfriamiento de la pieza. En caso de ser absolutamente necesaria una diferencia de grosores, se recomienda usar transiciones en lugar de variaciones abruptas. Para las esquinas, el radio de redondeo recomendado en razón al grosor mayor es de 0.5.

$$\frac{\text{radio}}{\text{grosor}} > 0.5$$

El uso de costillas y corrugaciones ayudan a reducir el grosor de las paredes dentro de los límites permisibles, mientras aumentan la rigidez de la pieza. El grosor de la costilla  $W$  recomendada es:

$$W = 0.4 T < 0.6 T$$

Donde  $T$  = grosor de la pared contigua.

El grosor de las costillas influye directamente en la moldeabilidad de la pieza. Es común que estos elementos no se llenen completamente cuando el plástico es inyectado en el molde. Sin embargo se ha observado que una inclinación de  $1^\circ$  y una altura adecuada de la costilla previenen este problema. Las bases de las costillas tienen un redondeado de:

$$r = 0.125 T$$

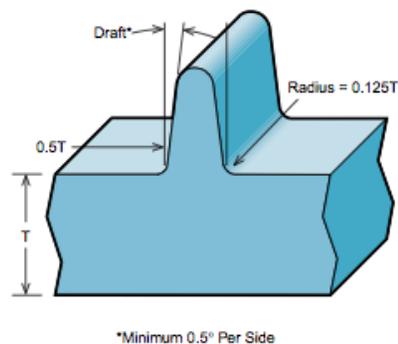


Figura 40. Diseño de costilla. Fuente: Bayer, 2000.

Estas consideraciones se tomaron para la especificación de los detalles de las piezas.

#### 4.2.3. Análisis Mecánico

Hasta esta etapa de la definición del producto se contaba con un dimensionamiento preliminar de las piezas. La figura 41 muestra un despiece de la propuesta y la figura 42 un plano de conjunto de dicha estructura. La tabla 21 presenta la lista de las piezas del sistema planteado. Con el objetivo de especificar adecuadamente el resto de las características de las piezas y asegurar su correcto funcionamiento de manera que los elementos tengan la capacidad de soportar las cargas ejercidas sin presentar fallas, se prosiguió con la evaluación de cada elemento mediante un análisis de elemento finito mediante el programa de *Solidworks*.



Figura 41. Despiece de propuesta de diseño preliminar. (s.e.) Fuente: Elaboración propia.

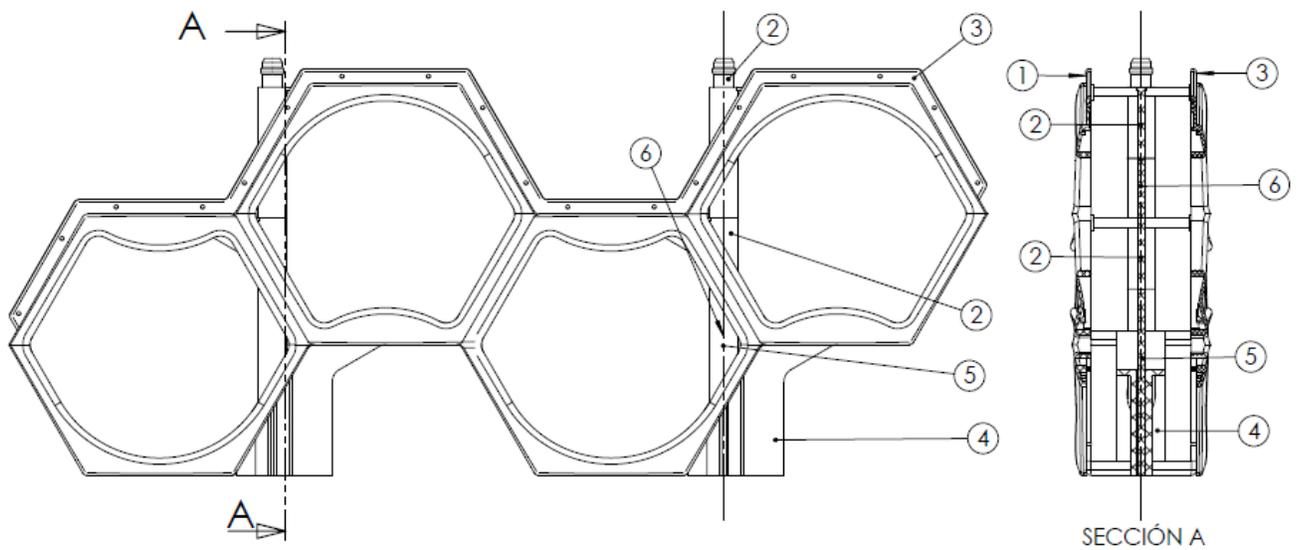


Figura 42. Esquema de conjunto de concepto preliminar. Vista alzada y lateral. (s.e.)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Lista de piezas del esquema de conjunto.

Marca	Descripción	Cantidad por módulo
1	Marco de soporte izquierdo	1
2	Charola de unión	4
3	Marco de soporte derecho	1
4	Depósito de recepción	2
5	Tubo base	2
6	Tubo de unión	2

El Análisis de Elemento Finito (AEF) es común en el diseño de piezas plásticas porque ayuda a detectar puntos de fallas en figuras complejas bajo diferentes condiciones de carga. Dependiendo de la condición bajo la cual se aplicará la carga es el módulo que se usa para hacer el análisis.

Para deformaciones dependientes al material, se usa el módulo de Young o de Poisson. Cuando se ejercen cargas a largo plazo, es necesario usar el índice de fluencia o el módulo aparente. Éste módulo es dependiente al tiempo, por lo que se debe considerar esto en los cálculos (*Bayer, Material Science, 2000*). En el presente análisis, lo más apropiado sería usar el índice de fluencia en el AEF puesto a que se trata de cargas aplicadas en periodos temporales prolongados, sin embargo este dato no se incluye con frecuencia en las hojas descriptivas de los materiales. Por tanto se ha usado el módulo de young, o módulo elástico para los cálculos. Mientras que se reconoce la limitante del análisis por la falta de consideración de cargas de largo plazo, el análisis ha ayudado a definir dimensiones y elementos estructurales significativos. Para compensar la deficiencia de no considerar el índice de fluencia, se ha seleccionado únicamente aquellos materiales que tienen un índice de fluencia intermedio, derivada de la investigación de materiales realizada previamente (Anexo 6).

### Objetivo

El objetivo del análisis mecánico es determinar el material adecuado (módulo de Young mínimo necesario) y definir las medidas y detalles de la pieza de manera que no se presente falla en las piezas.

### Definición de estudio

Las variables dependientes del estudio son las fuerzas internas que resultan ante las cargas aplicadas. Dichas fuerzas internas no deben sobrepasar el límite elástico del material. Las variables independientes son el límite elástico del material y las dimensiones de la piezas.

Para la ponderación de las fuerzas, se consideró al eje de la charola como el elemento de carga del módulo. Siendo que el peso máximo a soportar es de 164 kg (Tabla 19), se estableció una carga máxima de 1700N que se distribuirá en los dos soportes. Se supone entonces que  $F_A = F_B = 850\text{N}$ . Adicionalmente, para considerar la acción de las macetas individuales sobre la estructura, se consideró una fuerza aplicada uniformemente sobre la charola de  $W = 63\text{ N}$  (Figura 43).

Los marcos no son considerados como elementos de carga, sin embargo porque sobre ellos se colocarán los marcos de otros módulos es necesario evaluar el marco con la carga de los marcos superiores. Si cada marco tiene un peso máximo de .785 kg, y se estiban un máximo de 6 marcos, se consideró una fuerza ejercida marcos de 47.1 N. Por cuestiones seguridad, se consideró la fuerza ejercida por los marcos como  $F_M = F_N = 80\text{ N}$ . (Figura 43)

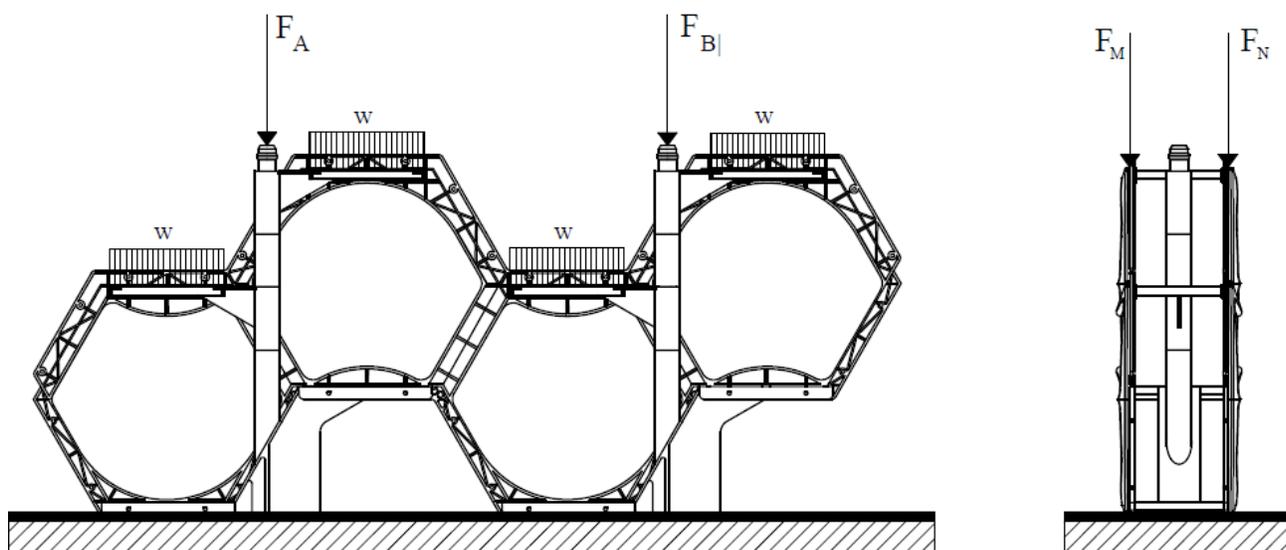


Figura 43. Esquema de cargas de marcos ejercidas en el sistema. Fuente: Elaboración propia.

### Procedimiento

El presente estudio consta de un proceso iterativo de definición de 3 piezas del sistema: las piezas de la charola de unión, el marco de soporte (el lado es indiferente) y el depósito de recepción. Dadas las definiciones de cargas establecidas, se especificó el material, las sujeciones y las fuerzas aplicadas correspondiente a la pieza en el modelo. Además se especificaron los parámetros de mallado para ejecutar el estudio. Mientras se fueron presentando fallas se fueron realizando los cambios pertinentes.

Por la definición del sistema (Figura 42 y figura 43) se consideró que la charola de unión debía ser tomado como el elemento de carga de la fuerza total  $F_A$ , además que debe soportar el peso de las macetas con tierra saturada  $W$ , y aquel del marco directamente sobre el sistema  $F_N = F_M = 80\text{ N}$ .

Resultados

En el anexo 7.1 se presenta el reporte del análisis de la pieza de la charola de unión, así como la evolución de la pieza. Los cambios más significativos en la pieza fueron en la escuadra de soporte (Figura 44).

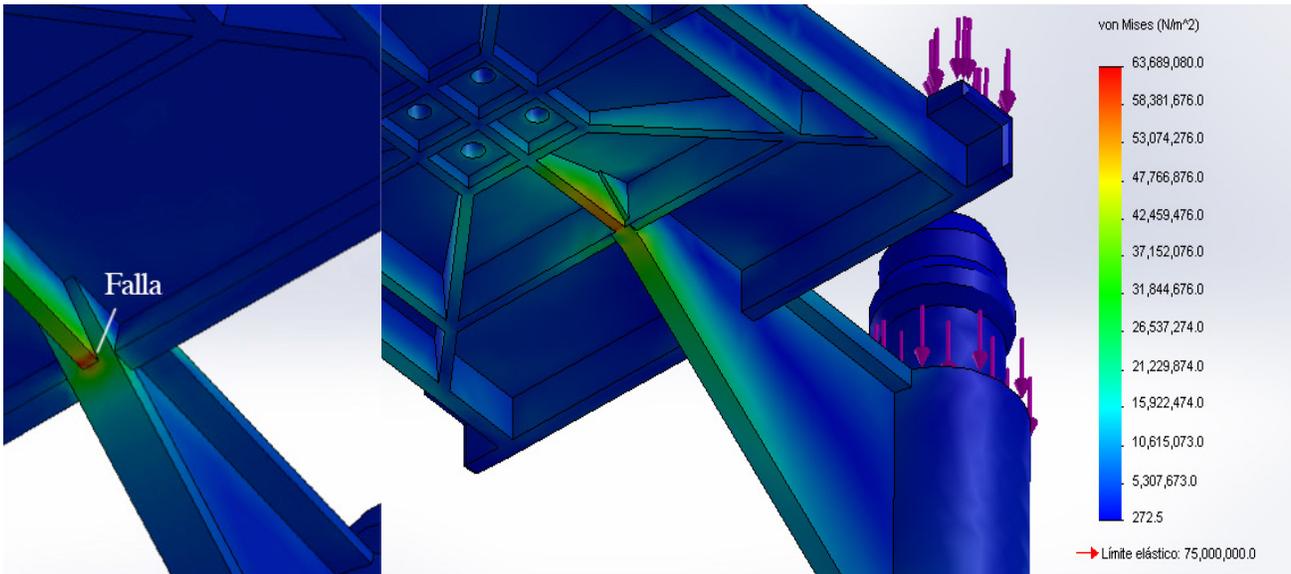


Figura 44. Escuadra de soporte inicial (izquierdo) y modificado (derecho) por las observaciones del AEF.

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis del marco de soporte incluido en el anexo 7.2, los cambios más significativos fueron respecto al grosor de la pieza y la disposición de los nervios para dar rigidez. Particularmente los nervios de la sección inferior tuvieron que ser redondeados en las intersecciones para reducir los esfuerzos presentados (Figura 45).

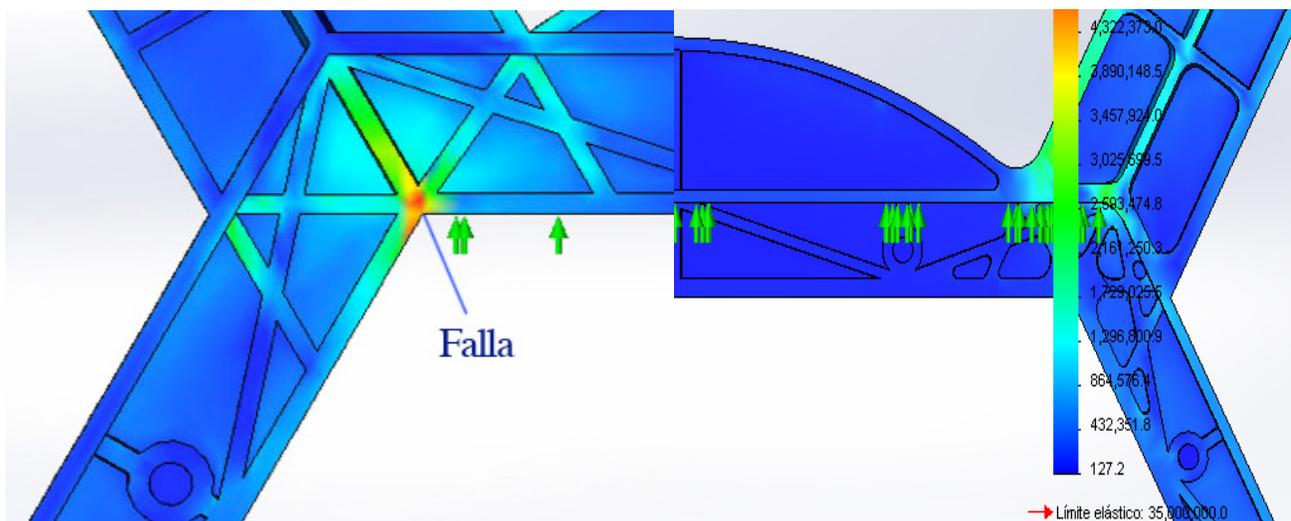


Figura 45. Antes (izquierda) y después (derecha) de modificaciones en los nervios inferiores del marco.

Fuente: Elaboración propia.

El último análisis realizado fue sobre el depósito de recepción (Anexo 7.3). En el depósito de recepción se modificó el nervio de soporte de la charola hasta que la tensión presentada no excediera el límite elástico del plástico seleccionado.

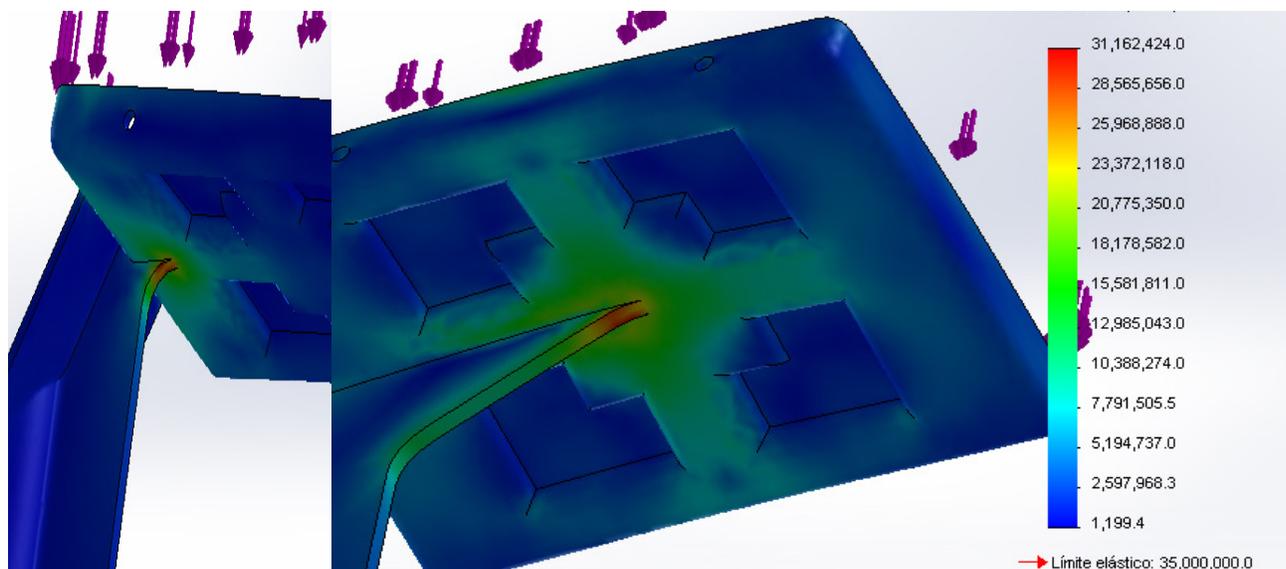


Figura 46. Nervio de soporte de la charola inicial (izquierda) y final (derecha).

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

El AEF aplicado a las propuestas preliminares ayudó a definir correctamente los elementos del jardín vertical para que soporten las fuerzas a los que será sometido. Las tensiones presentadas se redujeron realizando modificaciones en los detalles de forma de unas secciones de manera que no excediera el límite elástico del material. Es posible afirmar que el sistema ha sido diseñado para soportar un máximo de 6 módulos superiores, que corresponde a una altura aproximada de 2 metros y un peso de 164 kg.

La estabilidad del sistema es otro factor a considerar para afirmar la resistencia con esta altura. No obstante, dicho factor queda fuera de los alcances del AEF, dejando pendiente su estudio como trabajo a futuro. Para estudiar se propone construir modelos a escala o prototipos que permitan estudiar la forma de ensamblado y la estabilidad del sistema.

El análisis mecánico de las piezas del módulo terminó por definir el aspecto formal y una propuesta de material. Para seleccionar el material final y revisar el objetivo sobre la disminución del impacto ambiental, se presenta a continuación la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida (EDACV), que considerará como límite el módulo elástico mínimo del material final, determinado en el análisis mecánico.

### 4.3. EVALUACIÓN DE DISEÑO CON BASE EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Recapitulando el avance del proyecto, se cuenta con la configuración formal del módulo de jardín vertical, la conceptualización de cada pieza, la selección de los sistemas de unión entre los elementos del módulo, la especificación final de las medidas y límite elástico mínimo requerido. A lo largo del proceso se siguió la estrategia de diseño ecológico de desmaterialización con el objetivo de minimizar el impacto ambiental. Sin embargo para cumplir con ese requerimiento en materia de concepto de diseño es indispensable seleccionar un material adecuado que tenga menor efecto sobre el entorno.

Existe la subsiguiente necesidad de realizar una revisión de materiales que permita determinar de manera informada y fundamentada un material óptimo que presente el menor impacto posible sobre el ambiente. Procedente a esta necesidad EDACV se ha planteado para estudiar el concepto general de manera que se seleccione el material final (Anexo 8).

El análisis sistemático y reiterativo del ACV permite estimar los impactos ambientales de diversos sistemas formulados, de manera que se vislumbra el que presenta menor daño al medio ambiente.

En México, la metodología del estudio es regulado por la norma mexicana NMX-SAA-14040-IMMC-2008 “Gestión Ambiental- Análisis de ciclo de vida- Principios y marco de referencia” y NMX-SAA-14044-IMNC-2008 “Gestión Ambiental- Análisis de ciclo de vida- Requisitos y directrices”, que son basados en las ISO 14040 y 14044 respectivamente. El presente estudio ha sido conducido considerando la metodología formulada en la ISO 14040 y 14044, pero circunscrito dentro de las posibilidades del programa de *Solidworks Sustainability Express*, donde se realizó el estudio.

De acuerdo a la metodología aplicada, el estudio de ACV se desarrolla en cuatro fases:

- Fase de definición de objetivo y alcance.
- Fase de análisis del inventario.
- Fase de evaluación de impacto ambiental.
- Fase de interpretación.

Se ha usado la base de datos del programa CAD *Solidworks Sustainability Express* para realizar la EDACV. Consecuentemente en esta evaluación la fase de análisis de inventario que, delimitado por el objetivo y alcance donde recopila y organiza todos los datos necesarios para calcular los impactos ambientales, no ha sido realizada. En sustitución se usa la información que configura la base de datos del programa.

Este reporte es formulado siguiendo el formato establecido por el ISO 14040. No obstante cabe notar que el presente EDACV constituye una evaluación preliminar del proyecto, de manera que sus

resultados no son definitivos y no cuentan con la confiabilidad o profundidad suficiente para usar en declaraciones ambientales o solicitar certificaciones. Los resultados calculados tienen un rango de error de 20%, por lo que *Dassault Systèmes Solidworks Corp.* (2014) establece que los resultados se han de considerar como un estimado de impactos y no como cálculos finales de impactos.

El análisis ejecutado es un ejercicio de definición de producto y realiza una revisión de los impactos ambientales sobre un esquema de producción arquetipo, adecuado para la etapa del presente proyecto. Se identifican los impactos y realiza una valoración preliminar sin llegar a una valorización global, pero que contribuye en la decisión informada de la selección de material.

#### 4.3.1. Objetivo y alcance del estudio

##### Objetivo

Se realizó un análisis comparativo de materiales del módulo del jardín vertical diseñado para determinar los materiales de fabricación del producto que minimicen el impacto ambiental.

##### Alcance

La aplicación del análisis es en la definición del producto en desarrollo. Los resultados del ACV serán dirigidos al equipo de producción del producto, para informar sobre las medidas óptimas de producción que resultarán en la minimización del impacto ambiental producido por el producto. No se plantea que los resultados se dirijan a los usuarios porque al ser únicamente un ACV para la evaluación de diseño, los resultados no son adecuados para usar en declaraciones ambientales de producto ni para dirigir al público.

##### Función y unidad funcional

La función del sistema a evaluar es contener las plantas en un área determinada en disposición vertical, que definiría la unidad funcional como metro cuadrado ( de cobertura del sistema. No obstante se tomó como unidad funcional la unidad de módulo con motivo que el ACV se enfoca exclusivamente a evaluar alternativas de una sola propuesta planteada para seleccionar la opción óptima.

##### Límites del sistema

El sistema de producción a estudiar siguió un esquema de cradle to gate, es decir, un esquema que considera los procesos hasta la salida del producto de la fábrica de producción (Figura 47).

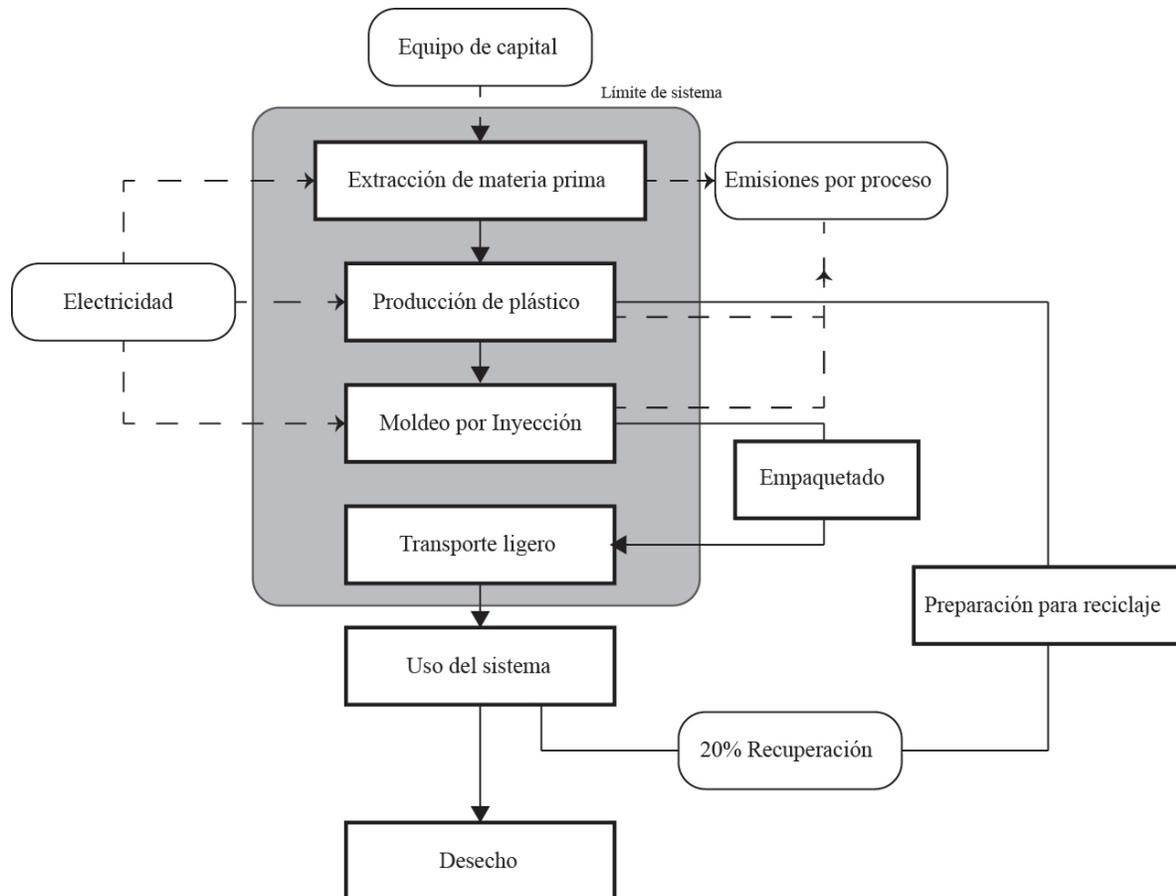


Figura 47. Diagrama del sistema y los límites a estudiar. Fuente: Elaboración propia.

Las unidades productivas del estudio fueron la extracción y transporte de la materia prima, la producción del plástico, el moldeo por inyección y el transporte del objeto a su sitio de uso. Estas unidades de producción son estudiadas en el programa, además de la etapa de uso. Sin embargo, la etapa de uso fue excluida porque el estudio es una revisión parcial del impacto ambiental de un concepto de diseño que no ha entrado al mercado, por lo que no hay información para estudiarlo.

*Solidworks Sustainability Express* opera sobre un esquema de *producción tipo* en el que se especifican generalidades de procesos de producción, por lo que se ajustó la limitación del sistema de manera que coincidiera con las posibilidades del programa. Las etapas de preparación de reciclaje y empaquetado fueron excluidas del análisis en base a las posibilidades del programa y por objetivos del estudio. Mientras que se consideró una recuperación para reciclar en el sistema de hasta 33 % de material, el proceso mismo de la preparación del material y su re inserción al sistema no fue estudiado. El proceso de empaquetado en sí consta de otra serie de materiales y procesos a considerar que podría constituir en sí un elemento de estudio por sí mismo, por lo que se excluyó del análisis.

Se consideró que el producto tendrá una duración de 8 años y una vida útil de 7 años. Este dato es una especulación aproximada ya que no se realizó algún cálculo para su determinación. Se conoce

la capacidad de los plásticos de perdurar, en especial en interiores donde hay poca incidencia a rayos UV, por lo que no existe una gran degradación en el plástico, además se desconoce el tiempo que los usuarios lo usarán, cuestiones que posibilitaron suponer que se use el producto por un tiempo prolongado.

#### Escenario a evaluar

En función del objetivo del estudio, se consideró necesario formular un escenario base a evaluar para de ahí poder comparar las alternativas de materiales. Dado que se buscó establecer el mejor escenario de producción posible, se planteó un esquema donde la extracción de material, así como el ensamble y uso del producto son en la misma región geográfica. Para transportes, se definió usar transporte ligero, que comprende camiones pequeños, porque genera el mínimo impacto.

La base de comparación de materiales tomó como referencia de evaluación el Polibutileno Tereftalato (PBT) de la lista preliminar de materiales, por tener las mejores propiedades mecánicas para el concepto<sup>9</sup> y estabilidad UV.

#### Procedimiento de asignación

El programa realiza un procedimiento de asignación por masa que significa que se cuantificó el peso de los materiales de entrada en las etapas del ciclo de vida.

#### Metodología de la EICV y categorización de impactos

La metodología que se siguió para la evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV) es el CML 2001, desarrollada en el Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Leiden, que restringe el análisis del modelado cuantitativo a las etapas tempranas de la cadena de causa-efecto para limitar las incertidumbres. La metodología usa factores de caracterización asignados a los flujos elementales de las entradas y salidas de los inventarios y los agrupa en categorías de impacto intermedias (*PE international*, 2013). Este método es usado por el software *GaBi*, desarrollado y comercializado por *PE International*, que es la base del software *Solidworks Sustainability* (Ruggart, R. et al., s.f.).

El programa cuenta con la caracterización de factores de más de 1700 flujos diferentes que son usados para los cálculos de las categorías de impacto intermedias<sup>10</sup>.

Las categorías de impacto ambiental en el estudio fueron:

- **Huella de Carbono:** el dióxido de carbono y otros gases desprendidos a la atmósfera por la combustión de combustibles, que a medida que se acumulan produce un incremento en la temperatura media de la Tierra. La medida de la Huella de carbono es el peso, en este caso en kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) y todos los gases de efecto invernadero que son producidos durante el ciclo de vida del producto. Es un indicador de un factor de impacto global conocido como potencial de calentamiento global (*GWP* por sus siglas en inglés).
- **Consumo de energía:** considera todos los recursos no renovables consumidos del medio ambiente, medido en megajoules. Considera la electricidad y los combustibles utilizados durante el ciclo de vida del producto, la energía necesaria para obtener y procesar dichos combustibles, y la energía incorporada en los materiales. La energía total consumida se expresa como el valor calorífico neto de la demanda de energía obtenida a partir de recursos no renovables (como petróleo y gas natural). Toma en cuenta las eficiencias obtenidas al convertir la energía (electricidad, calor, vapor, etc.).
- **Acidificación atmosférica:** se refiere a las emisiones producidas por la combustión de combustibles fósiles que acidifican el aire; como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Cuando los compuestos son desprendidos al aire, reaccionan con el agua formando ácido de carbono (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) que son insertados en el ambiente mediante la precipitación de la lluvia, neblina o nieve, y disminuye el pH del medio creando condiciones tóxicas para los ecosistemas. La unidad de medida es kilogramos de dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>e) o en moles equivalentes de H<sup>+</sup>.
- **Eutrofización del agua:** medido en términos de kilogramos de fosfato o equivalente (PO<sub>4</sub>e). Es el efecto que consiste en la estimulación excesiva de la productividad biológica de especies vegetales acuáticas que provoca la disminución del oxígeno disuelto en el agua.

#### 4.3.2. Análisis de Inventarios

El análisis de inventarios es la etapa fundamental del ACV en que se recopila la información y realizan los cálculos de todo lo que compete a los límites del estudio planteados previamente.

---

10 Si se desea profundizar en los factores de caracterización del método de CML 2001, un documento en Excel es accesible al público general en <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html#features>.

No obstante, esta etapa no se realizó en el estudio debido a que el programa usado rescata los datos de la base de datos de *GaBi. PE International*, organismo privado que comercializa el software, que conforma la base de datos por fuentes primarias de la industria y caracteriza los datos, actualizándolos cada cierto tiempo. La información es la base con la que se realizan los cálculos por categorías de impactos.

### 4.3.3. Interpretación de resultados

#### Resultados

Conforme al objetivo planteado, el cálculo de los impactos ambientales se ejecutó de manera que se pudiera comparar los materiales. En el informe de impacto ambiental del módulo de jardín vertical (Anexo 8.2) se visualiza una comparación de 2 modalidades de fabricación que difieren en los materiales usados. La referencia es, como se mencionó con anterioridad, la propuesta que está fabricada en su totalidad en PBT, mientras que se compara con la selección final de materiales fabricado de PP homopolímero y de PVC 30% GF.

La selección de materiales se derivó de una evaluación de impacto ambiental realizada sobre la charola de unión (Anexo 8.1). Esta primera aproximación permitió detectar la diferencia de impactos ambientales generados en cada etapa del ciclo de vida del producto por el material de fabricación de la pieza y qué material genera los menores impactos.

En todas las categorías de impacto ambiental se observó una diferencia significativa entre PBT y los otros materiales estudiados.

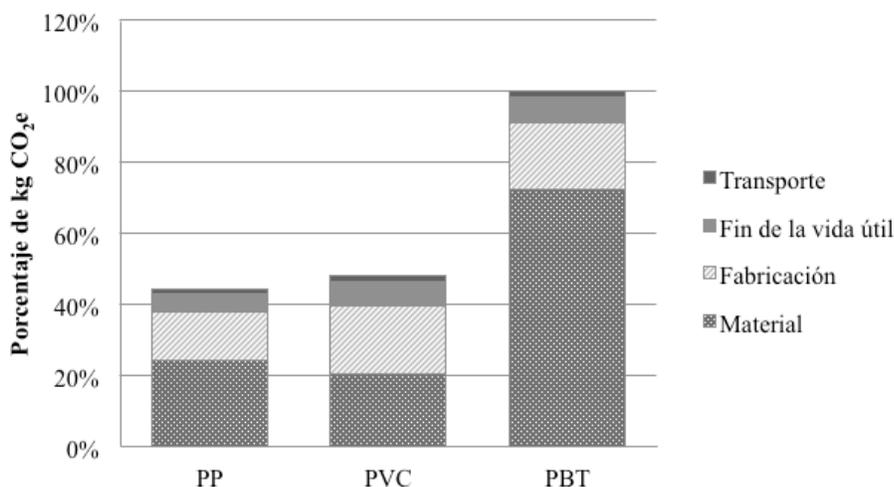


Figura 48. Comparación de huella de carbono. Fuente: Elaboración propia.

En la categoría de huella de carbono, el PP generó un impacto de 44% de y el PVC de 48% de lo que genera el PBT, es decir, los materiales presentaron una reducción de 66% y 68% respectivamente. La extracción del PP es la etapa que más contribuyó a la huella de carbono comparado al PVC y PBT, pero el PVC influyó en mayor medida en la etapa de fabricación.

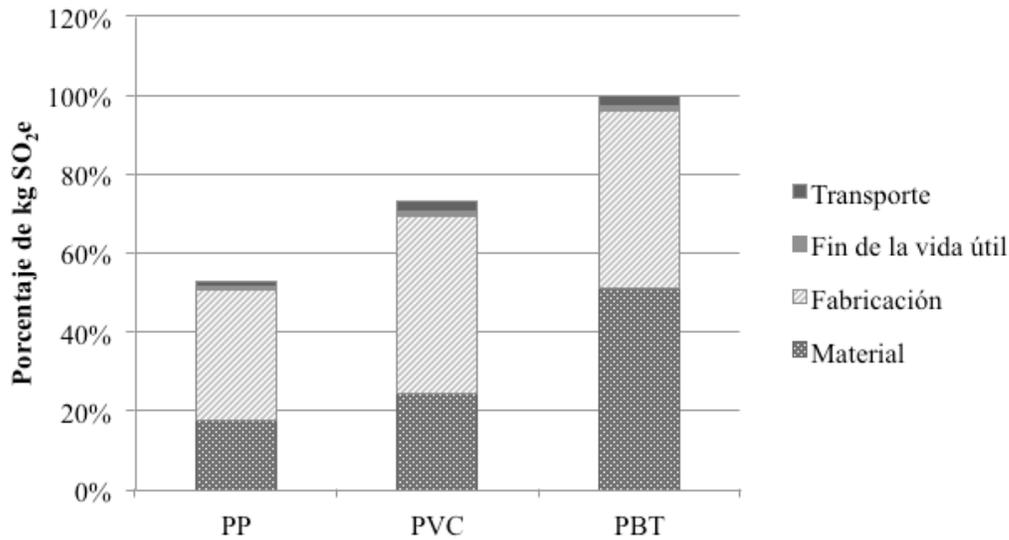


Figura 49. Comparación de acidificación atmosférica. Fuente: Elaboración propia.

El PBT también generó una gran cantidad de desperdicios que influyeron en la acidificación atmosférica. Comparado con el PP, aportó 47% más de kilogramos de dióxido de sulfuro (SO₂e), mientras ante el PVC incrementó en 27% .

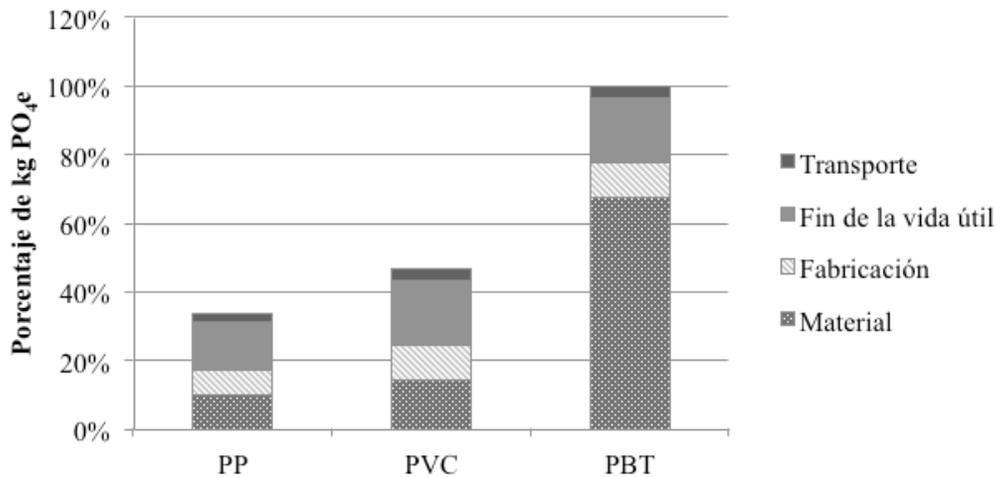


Figura 50. Comparación de eutrofización del agua. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los impactos generados en la eutrofización del agua, el PP es un material que produjo 66% menos kilogramos de fósforo que el PBT y 13% menos que de PVC.

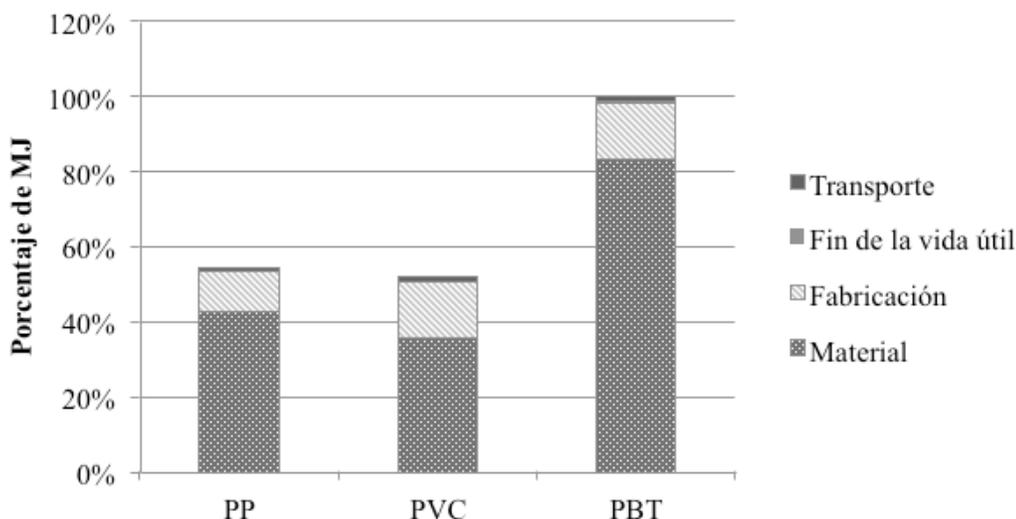


Figura 51. Comparación de energía total consumida. Fuente: Elaboración propia.

En la categoría de consumo de energía total, el PVC gastó menos con una diferencia ante el PBT de 53% y de 13% ante el PP.

Se observó que en las categorías de huella de carbono, acidificación atmosférica y de eutrofización del agua, el PP homopolímero es un material que se puede declarar más benigno para el ambiente. La diferencia de energía total consumidos del PP respecto a la energía consumida por el PVC fue mínima en comparación a las reducciones en las otras categorías.

Para el objetivo establecido de buscar el mínimo impacto ambiental sin tener que considerar un proceso de valorización, los subsiguientes resultados indicaron que para la producción de las piezas del modelo, el PBT debe ser descartado como opción de material de fabricación por no cumplir con los requerimientos medioambientales. El PP se consideró como el material óptimo para producir el módulo siempre y cuando el límite elástico lo permita. En caso que el PP no soporte las cargas ejercidas, se usará como alternativa el PVC.

Estas consideraciones definieron la selección final de materiales, evaluados en EDACV del módulo completo. A continuación se presenta los resultados del análisis que consiste en la comparación entre la selección final y la referencia, dado que la investigación previa de selección de material, la revisión de materiales de la charola de unión, terminó por reducir las alternativas y categorizar las opciones de materiales. La comparación de los resultados por categoría se visualiza en la figura 52.

**Comparación de huella de carbono**

Total de modelo final: 10 kg CO<sub>2</sub>e

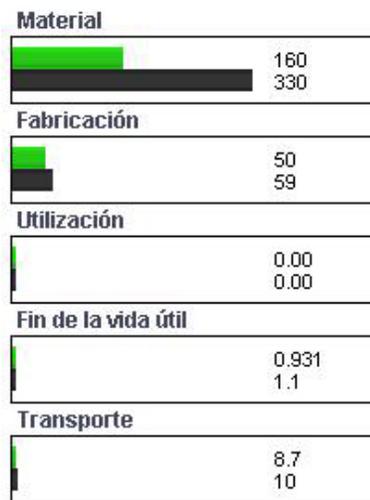
Total de referencia: 23 kg CO<sub>2</sub>e



**Comparación de energía total consumida**

Total de modelo final: 220 MJ

Total de referencia: 390 MJ



**Comparación de acidificación atmosférica**

Total de modelo final: 0.039 kg SO<sub>2</sub>e

Total de referencia: 0.059 kg SO<sub>2</sub>e



**Comparación de eutrofización del agua**

Total de modelo final: 4.2E-3 kg PO<sub>4</sub>e

Total de referencia: 0.011 kg PO<sub>4</sub>e

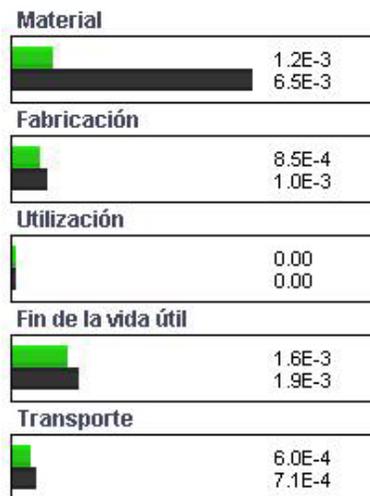


Figura 52. Resultados de comparación entre el modelo final y la referencia por categorías de impacto.

Fuente: Elaboración propia.

Ante la diferencia de materiales se observaron decrementos sustanciales en los impactos ambientales generados. La propuesta final (completa) emitió  $4.2E-3$  kg PO<sub>4e</sub>, que redujo en 68.2% el impacto potencial de eutrofización del agua y produjo 13 kg CO<sub>2e</sub>, 57.8% menos que la misma propuesta fabricada en PBT. Así mismo, se presentaron reducciones en 43.6% en la energía total requerida, por lo que consumió un total de 220 MJ, y tiene un impacto potencial de 0.039 kg SO<sub>2e</sub> en acidificación atmosférica.

Los resultados reflejaron que la etapa de material tiene mayor presencia en la huella de carbono y en el total de energía consumida, representando el 50.5% y en 72.7% respectivamente, al tiempo que la fabricación generó el 69.7% de los desperdicios en de acidificación atmosférica. Estas áreas son secciones críticas que han de ser sometidos a escrutinio en etapas posteriores del proyecto.

### Interpretación

Los cálculos de impactos ambientales potenciales demostraron que el módulo de jardín vertical fabricado de PVC y PP homopolímero es preferible a uno realizado en PBT porque disminuye las cuatro categorías de impacto, desde 43.6% en energía total consumida hasta 68.2% en eutrofización del agua. Así mismo, esta selección de materiales presentó una gran ventaja económica, pues incrementa utilidades mediante la reducción en \$2.5 USD el costo unitario de producción del producto, también calculado por el programa (se considera como un aproximado del costo). La reducción de impactos ambientales y costos indican que la selección final de materiales se circunscriben dentro de las especificaciones del proyecto.

El consumo energético total y la huella de carbono generado por el material extraído, al igual que la acidificación atmosférica influida por el proceso de fabricación, indican que de ser implementado el sistema de producción, los procesos de extracción de material han de disminuir los gases de efecto invernadero emitidos y la energía consumida, mientras que durante la fabricación se tiene que reducir emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) emitidos.

El esquema de producción sobre el cual se calcularon los impactos ambientales configuró el arquetipo de sistema de producción para el producto. La aproximación se adecuó al proyecto y objetivos de estudio porque determinó conceptualmente una modalidad ideal que minimice los impactos ambientales. No obstante, no ha sido área de estudio la factibilidad de dicho esquema, por lo que se reconoce la posibilidad de tener que realizar cambios más adelante. En caso que el esquema de producción sea modificado (la ubicación de extracción de material, el uso y el medio de transporte) se observarán cambios significativos en todos los impactos, en especial en la etapa de transporte.

La estimación de impactos ambientales, al estar basado en datos directos de la industria, indica que estos niveles de emisiones son factibles de alcanzar. Sin embargo las estrategias de producción implementadas son determinantes en los impactos verdaderos y pueden tanto exceder como disminuir las emisiones generadas. La formulación de sistemas de producción ecológicamente responsables es crucial para que los impactos ambientales verdaderos no excedan lo calculado.

Como se mencionó con anterioridad, la presente evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida fue generado mediante el programa *Solidworks Sustainability Express*. El programa fue sido diseñado para la comparación eficiente de productos durante su etapa de conceptualización y desarrollo.

En el programa se definieron características específicas del producto y cuestiones básicas del ciclo de vida. Se especificó el material, el proceso de producción, la ubicación de extracción de material y la ubicación de uso, tiempo de duración y uso, medio de transporte y datos de fin de ciclo de vida sobre reciclado, incineración y desecho en vertederos. De esta manera se generó una plantilla sobre la cual se analizaron datos generales de producción con el que se calcularon impactos ambientales de diferentes productos, usando la información de la base de datos que cuenta el programa.

Es importante aclarar que el programa cuenta con limitantes significativos. No se cuenta con la posibilidad de definir de una manera alterna el sistema a analizar, por ejemplo la inclusión del proceso de empaqueo y las emisiones que conlleva. Tampoco permite definir procesos secuenciales para una misma pieza, ni vislumbra los flujos materiales y energéticos en cada proceso, como debería ser posible en evaluaciones completas de este tipo. Dadas estas limitantes, *Dassault Systèmes* reconoce que los resultados del programa no pueden ser utilizados para declaraciones de impactos ambientales de producto, y tampoco para declaraciones ecológicas para marketing o ventas (Ruggart, s.f., *Dassault Systèmes*, 2013).

No obstante, la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida (EACV) contribuye en la definición desde la etapa de conceptualización un producto que reduce impactos ambientales. Por lo que se convierte en un tratamiento a priori y no una evaluación para gestión de impactos o control de daños, como son los análisis de ciclo de vida detallados. La revisión básica de las cuestiones medioambientales permitió establecer estrategias de producción ecológicamente conscientes desde el planteamiento del concepto en lugar de definir estrategias de gestión de impactos sobre sistemas de producción ya existentes (como hacen los ACV completos), que implica reducciones de costos notables e impactos considerables. Los indicadores de impacto indican como minimizar impactos desde el diseño, calculados en base a las emisiones reportados de la industria.

Aunado a la contribución en planeación de producción, las observaciones realizadas permitieron estructurar un ACV completo para una evaluación futura, ya que se realizó el trabajo de definición del estudio, y se detectaron consideraciones particulares que deberán ser tomados en cuenta.

#### 4.3.4. Conclusiones de EDACV

En base a los resultados de la evaluación de diseño con base en el análisis de ciclo de vida se concluyó que el PVC y PP homopolímero son la mejor alternativa porque tiene ventajas ambientales respecto al PBT, presentando reducciones entre 43.6% hasta 68.2% en las cuatro categorías de impacto. La evaluación confirmó que la selección final de materiales cumple con las especificaciones planteadas para el proyecto.

Se recomienda que los sistemas de producción finales sean planteados de manera ecológicamente conscientes. De ser implementado el sistema de producción, se sugiere que los procesos de extracción de material busquen disminuir los gases de efecto invernadero emitidos y la energía consumida, mientras que durante la fabricación se tiene que reducir las emisiones relacionadas a la acidificación atmosférica.

Finalmente los resultados del análisis de ciclo de vida, aplicado como una herramienta de diseño, constituyeron una revisión de impactos ambientales del concepto de módulo de jardín vertical desarrollado con el que se vislumbró la mejor opción de materiales, por lo que el EDACV funcionó como herramienta de diseño. También se identificaron los puntos críticos a cuidar en los procesos de producción y se formuló la estructura básica y cuestiones de particular interés para realizar un análisis de ciclo de vida completo. De manera que se ha concluido la definición del producto.

#### 4.4. RESUMEN DE CAPÍTULO

La ideación del concepto llevó a lo largo de su definición un proceso lógico y detallado, partiendo de lo general a lo particular. Se desarrolló un concepto general evaluado según las especificaciones formulados en la etapa de inspiración, sobre el cual se detallaron las piezas. Se realizaron varias decisiones de diseño a lo largo del proceso, siempre cuidando estar sujetas a las especificaciones.

La selección del material fue de particular importancia y el proceso más complejo, pues su definición comenzó siguiendo la metodología de Ashby (2005), pero que estuvo sujeto otros estudios: la investigación bibliográfica, el estudio mecánico y el análisis de ciclo de vida.

Mediante este proceso, quedó por definido el módulo de jardín vertical propuesto.

# EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

---

---

## 5.1. EVALUACIÓN EMOCIONAL

### 5.1.1. Técnicas, instrumentos y muestra

La evaluación emocional del producto de alcance descriptivo, tuvo un enfoque mixto. Se analizaron las opiniones (datos cualitativos) de los usuarios potenciales respecto a las variables de estética y funcionamiento de la propuesta de jardín vertical y se utilizó estadística descriptiva para la interpretación de los resultados.

El estudio se dividió en dos secciones. La primera parte se centró en evaluar el resultado de la emoción (aceptación o rechazo) de únicamente la configuración formal del producto (apariencia). La segunda parte constó de una sesión de grupo que evaluó si la propuesta se adapta a la prospectiva de uso (funcionamiento y uso del producto), y exploró las valoraciones atribuidos por los usuarios y el placer potencial del producto.

Debido a que el proyecto consistió en la elaboración de un concepto de innovación incremental, fue importante asegurar que los participantes conocieran otras opciones de jardín vertical para tener una base de comparación. Por tanto en la evaluación emocional se discutió el concepto en comparación a otras dos opciones de jardines verticales (Figura 53). Los productos de comparación seleccionados fueron Cara de Planta, porque sus características lo convierten en el producto de competencia, y un sistema de fieltro de Generación Verde porque configura estéticamente el ideal de jardín vertical.

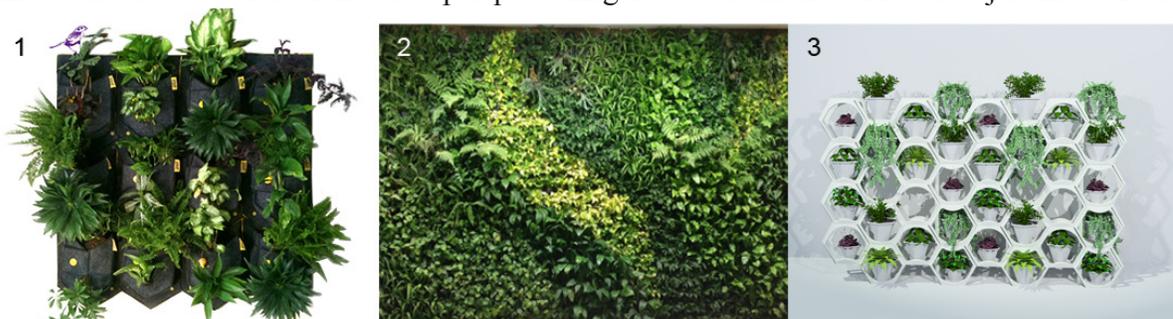


Figura 53. Conceptos usados en la evaluación emocional. De izquierda a derecha: Cara de planta, sistema de fieltro de Generación Verde y concepto propuesto. Fuentes: Cara de planta, s.f., Generación Verde, 2014, y elaboración propia.

La evaluación emocional se enfocó a analizar la relación entre la estética y los atributos funcionales del producto (estímulo) con su aceptación emocional (respuesta). Las opiniones, las valoraciones personales y las expresiones faciales fueron analizados y cuantificados mediante diferentes herramientas de estudio. La tabla 22 resume las técnicas e instrumentos aplicados.

La selección del grupo de estudio estuvo circunscrito dentro del perfil del usuario meta definido (ver p. 64). La encuesta realizada para la definición del perfil (Anexo 3.1) fue herramienta de selección de participantes para la sesión de grupo, escogiendo a las personas con los siguientes criterios:

- Mujeres entre 19 a 29 años de edad que residen en Huajuapán de León interesadas en jardinería. Este grupo es de particular interés para el estudio porque en estas edades las personas son más receptivas al uso de nuevos productos.
- Las mujeres deben tener plantas o haber tenido experiencia con plantas.
- Haber calificado con un mínimo de 2 su conocimiento en jardinería, en una escala de 1 a 5, donde 1 es que tienen poco conocimiento y 5 que son expertos en el tema.
- Deben estar interesadas en comprar un sistema de jardín vertical y dispuestas a pagar mínimo entre \$301 a \$1,000.
- Deben haber reportado que tienen interés en mantener el sistema personalmente.

### 5.1.2. Diseño de instrumentos

Los modelos de diseño emocional para la formulación del estudio y la interpretación de datos fueron los que se usaron en la fase de inspiración :

- Modelo tradicional de diseño emocional de Norman (2005): Divide el procesamiento del producto en proceso visceral, conductual y reflexivo.
- Modelo de emociones del producto de Desmet (2004): Estudia el producto desde diferentes perspectivas de estímulo: producto como agente, producto como objeto, y producto como evento.
- El modelo de los 4 placeres, descrito por Jordan (Green et al., 2001): El modelo de placer definido por Jordan, categoriza el placer en cuatro distintas estructuras, según su fuente de origen: socio-placer, fisio-placer, psico-placer e ideo-placer.

Tabla 22. **Objetivos, estrategias e instrumentos para la evaluación del concepto de jardín vertical**

<b>Evaluación de la dimensión afectiva expresada por las opiniones de los usuarios potenciales</b>		<b>Evaluación de la dimensión fisiológica de la emoción expresada por las expresiones faciales y movimiento corporal</b>
<i>Previo a la sesión de grupo</i>	<i>Durante la sesión de grupo</i>	<i>Después de la sesión de grupo</i>
<b>Objetivo:</b> Analizar la aceptación o rechazo de la propuesta a partir de la configuración formal (apariencia del producto).	<b>Objetivo:</b> Analizar las opiniones de los usuarios potenciales respecto a la prospectiva de uso y placer causado por la propuesta de jardín vertical.	<b>Objetivo:</b> Analizar las expresiones faciales cuando evalúan la configuración formal del producto.
<b>Variables de estudio:</b> Expresiones faciales y valoraciones personales.	<b>Variables de estudio:</b> Estado afectivo de los participantes.	<b>Variable de estudio:</b> Expresiones Faciales
<b>Estrategia:</b> Mostrar al usuario potencial imágenes del concepto y de 2 productos de la competencia de forma individual, y al mismo tiempo pedirle que conteste un cuestionario para evaluar qué tan atractivo les parece cada imagen.	<b>Estrategia:</b> Discutir con los usuarios potenciales los siguientes tópicos respecto al concepto desarrollado y 2 productos de la competencia:  Prospectiva de uso: instalación y mantenimiento.  Significados asociados al jardín vertical.	<b>Estrategia:</b> Analizar la videograbación de las expresiones faciales y movimientos corporales de los participantes cuando evalúan la apariencia del producto.
<b>Instrumentos:</b>  Cuestionario digital con preguntas que presentan escalas tipo Likert.  Programa de grabación, para video grabar las expresiones realizadas mientras contestan el cuestionario.	<b>Instrumentos:</b>  Guion estructurado de preguntas abiertas para realizar la sesión de grupo.  Cuestionario complementario impreso con preguntas que presentan escalas tipo Likert y diferencial semántico.  Guion para 2 observadores externos de la sesión de grupo.	<b>Instrumentos:</b>  Guion de observación de emociones básicas de Paul Ekman.

Los modelos son compatibles entre sí porque todos parten de la aproximación cognitivista de la emoción y se complementan al enfocarse en diferentes aspectos de la emoción y el placer. Estos modelos permiten estudiar la medida en que los estímulos modulan las emociones y como las expectativas intervienen en las emociones de los individuos.

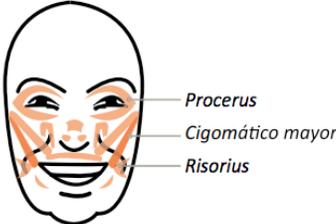
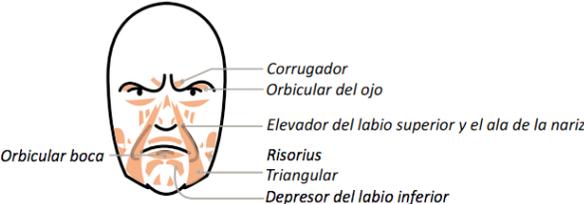
La evaluación usó medidas tanto subjetivas (escalas de diferencial semántico, escalas de Likert de auto informes en cuestionarios), como objetivos (contabilización de expresiones) para el estudio de las emociones. La primera parte de la evaluación emocional consistió en un cuestionario digital que exploró la respuesta visceral y el ideo-placer que evocan los jardines verticales (Anexo 9.1) únicamente mostrando imágenes de los sistemas. La tabla 23 muestra los reactivos usados en el cuestionario y la dimensión que evalúa.

Tabla 23. Preguntas para el cuestionario que se aplicó previo a la sesión de grupo

Dimensión	Reactivo
Respuesta visceral	<p>¿Qué tan atractivo te parece el jardín vertical presentado? (Sobre las tres opciones de jardines verticales.)</p> <p>1                      2                      3                      4                      5</p> <p>Muy Feo              Feo                      Neutral              Bonito              Muy bonito</p>
Respuesta visceral	<p>¿Cuál te gustaría tener en tu casa?</p> <p>1                      2                      3</p>
Ideo-placer	<p>¿Cuál es tu ideal de jardín vertical?</p> <p>1                      2                      3</p>

Mientras los participantes contestaron el cuestionario digital, se video grabaron sus expresiones faciales para observar su respuesta fisiológica, lo que complementó las respuestas realizadas en los cuestionarios digitales. Así se rescató una medida objetiva de la emoción en forma de la respuesta fisiológica con el objetivo de considerar otra dimensión de la emoción. Se analizaron las grabaciones mediante un guion de observación que orientó la cuantificación de las expresiones faciales asociadas al agrado, rechazo o indiferencia (Tabla 24) que posteriormente se tradujo a un valor ordinal de intensidad de atracción (de 0 a 5) que fue promediado para medir la intensidad de reacción del grupo. El guion de observación fue formulado con base en el modelo de emociones básicas propuesto por Paul Ekman (Morris y Maisto, 2005) (felicidad, sorpresa, temor, tristeza, repugnancia y enojo). De acuerdo con el autor existen patrones de expresión facial que son indicadores de la emoción. Para el estudio solo se utilizaron las emociones: agrado-felicidad y rechazo-repugnancia.

**Tabla 24. Emociones básicas cuantificados en el periodo de respuestas del cuestionario digital**

Expresión Facial de acuerdo con el modelo de las 6 emociones básicas propuesta por Paul Ekman	Descripción
<p data-bbox="383 478 581 506"><b>Felicidad, agrado</b></p>  <p data-bbox="500 617 570 638"><i>Procerus</i></p> <p data-bbox="500 648 651 669"><i>Cigomático mayor</i></p> <p data-bbox="500 680 565 701"><i>Risorius</i></p>	<p>El músculo cigomático mayor, conocido como el músculo de la sonrisa, jala la esquina de la boca hacia arriba y atrás, abultando la piel bajo el ojo, mientras que el músculo <i>risorius</i>, jala la comisura de la boca a un lado y hacia atrás; el músculo <i>procerus</i> se contrae para cerrar parcialmente el ojo.</p>
<p data-bbox="342 814 621 842"><b>Repugnancia, desagrado</b></p>  <p data-bbox="428 915 513 936"><i>Corrugador</i></p> <p data-bbox="428 940 545 961"><i>Orbicular del ojo</i></p> <p data-bbox="428 972 748 993"><i>Elevador del labio superior y el ala de la nariz</i></p> <p data-bbox="428 1003 488 1024"><i>Risorius</i></p> <p data-bbox="428 1029 505 1050"><i>Triangular</i></p> <p data-bbox="428 1054 613 1075"><i>Depresor del labio inferior</i></p> <p data-bbox="164 1003 269 1024"><i>Orbicular boca</i></p>	<p>El músculo elevador del labio superior y el ala de la nariz, hace más profundo el surco al lado de la boca y la nariz; el músculo triangular jala las comisuras hacia abajo y hacia atrás; el músculo depresor del labio inferior, baja el labio inferior; el Orbicular de la boca aprieta los labios, y el Orbicular del ojo hace que las cejas se proyecten por encima de los ojos.</p>

**Nota:** Esquema para reconocer expresiones faciales asociadas al agrado o desagrado, según Hamm (1991).

Después de aplicar el cuestionario digital se inició la sesión de grupo; se estructuró de manera que permitiera explorar los aspectos esenciales de los modelos de diseño emocional. La sesión de grupo tuvo el objetivo de recopilar información acerca de la actitud y percepción de los usuarios con respecto al producto en materia de estética y prospectiva de uso. El planteamiento de la sesión de grupo y su guion, se pueden ver en el Anexo 9.3 y 9.4 respectivamente. A continuación se desglosan los reactivos por dimensión de estudio que se exploraron en la sesión de grupo.

Adicionalmente en la sesión de grupo se evaluaron alternativas de color y de formas del marco de la propuesta, vistas en la figura 54 y figura 55 respectivamente.

Tabla 25. Preguntas para la sesión de grupo basadas en los modelos de diseño emocional

Variable	Emoción que provoca el concepto de jardín vertical	
Dimensión	Reactivos	
Respuesta emocional	Visceral	¿Qué tan atractivo te parece el jardín vertical presentado?
	Conductual	¿Qué sistema te parecería más cómodo de usar?
		¿Qué sistema se adapta a tus necesidades?
	Reflexiva	¿Para ti que significaría tener un jardín vertical?
Emoción del producto	Objeto	¿Qué opción tiene más valor para ti?
	Agente	¿Qué objetivo tendría un jardín vertical en tu casa?
		¿Cuándo se imagina un jardín vertical, alguna es parecida a la idea de jardín vertical que visualizas?
		¿Te parece una opción deseable?
Evento	¿Qué jardín vertical se adapta mejor a tus necesidades?	
Cuatro Placeres	Socio-placer	
	Fisio-placer	¿Qué opción te puede dar más gusto o placer tener y cuidar? ¿Por qué?
	Psico-placer	
	Ideo-placer	



Figura 54. Variaciones de marcos evaluados en la sesión de grupo. Fuente: Elaboración propia.

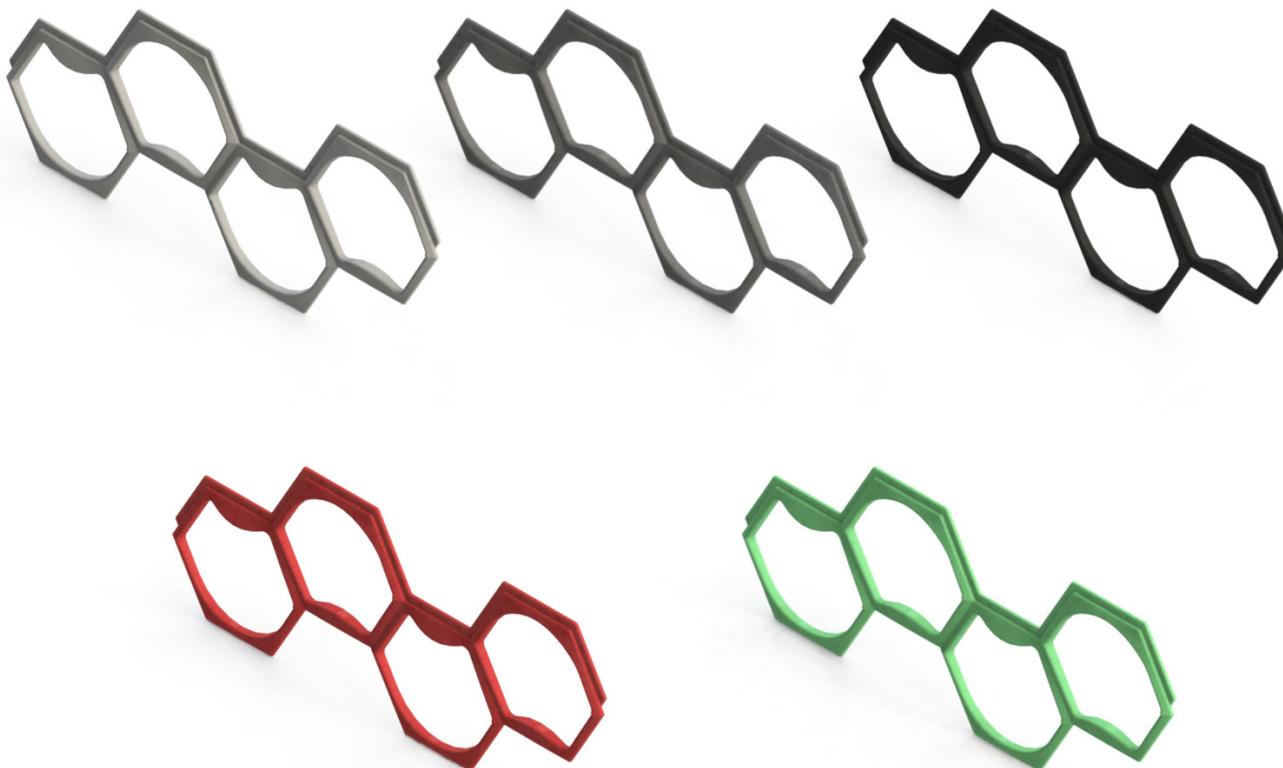


Figura 55. Variaciones de color evaluados en la sesión de grupo. Fuente: Elaboración propia.

Durante la sesión de grupo, los participantes contestaron cuestionario complementario (Anexo 9.2) para obtener un valor cuantificable sobre los aspectos que se estaban discutiendo en la sesión. De esta manera se verificó que las respuestas de los participantes durante la sesión no fueron influenciadas por los demás participantes y así disminuir el error. El cuestionario se revisó previamente con 6 mujeres, con lo que se depuraron las instrucciones y reactivos. Las dimensiones de emoción que exploró cada pregunta se visualiza en la tabla 26.

En este estudio no fue necesario verificar rigurosamente la validez y confiabilidad de cada instrumento, pues el objetivo de la tesis no es la construcción de instrumentos que puedan ser aplicados en estudios similares. Sin embargo, los instrumentos están basados en tres modelos de diseño emocional. Cada pregunta está formulada a partir de dimensiones de estudio que proponen teóricos con experiencia práctica en el tema. En este sentido, las herramientas están contextualizadas y por los resultados obtenidos, se puede asegurar que ayudaron a la obtención de información suficiente para realizar conclusiones respecto a la relación entre el concepto de jardín vertical y la respuesta emocional de los participantes.

Tabla 26. Dimensiones de emoción explorados por pregunta de cuestionario complementario de sesión de grupo

Dimensión	Reactivos
<b>Respuesta emocional</b>	
Conductual	¿Qué sistema te parecería más cómodo de usar?  <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 Por qué:_____
<b>Emoción del producto</b>	
Producto como objeto	¿Qué jardín vertical valoras más?  <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 Por qué:_____
Producto como event	¿Qué tanto placer te provocaría <i>usar</i> el sistema? (Imagen 1,2 y 3 de la figura 53)  Mucho _____:_____:_____:_____:_____ Poco ¿Qué sistema se adapta a tus necesidades?  <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 Por qué:_____
<b>Cuatro placeres</b>	
Ideo-placer	¿Qué tanto placer te provocaría <i>tener</i> el jardín vertical en tu casa? (Imagen 1,2 y 3 de la figura 53)  Mucho _____:_____:_____:_____:_____ Poco
Fisio-placer	¿Qué opción te puede dar más gusto o placer tener y cuidar?  <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 Por qué:_____
Ideo-placer	A continuación se presenta una lista de palabras con sus respectivos opuestos. Indica con una cruz la línea que más se apegue a tu opinión. Dinamismo _____:_____:_____:_____:_____ Tranquilidad Individuo _____:_____:_____:_____:_____ Familia Artificial _____:_____:_____:_____:_____ Natural Calor _____:_____:_____:_____:_____ Frescura

### 5.1.3. Análisis y procesamiento de datos

Para procesar la información de la sesión de grupo, se realizó un análisis de contenido en que se categorizaron las cuestiones discutidas en los modelos de diseño emocional usados. La variable de estudio fue el estado afectivo de los usuarios por la propuesta y se usaron los párrafos (sus respuestas) como unidades de análisis.

Para el procesamiento e interpretación de resultados se definieron varios índices que permitieron valorar de forma cualitativa los diversos aspectos de emoción que se analizaron en el estudio. Unas dimensiones de estudio fueron valorados únicamente por un indicador, sin embargo se determinaron unos índices complejos que rescatan la información de las diversas herramientas de recolección de datos en los que se reiteran sobre unas dimensiones evaluadas. Los índices tienen un valor acotado en un rango ordinal de 0 a 1, que representa la medida de intensidad de la dimensión que se refiere. De la tabla 27 a la tabla 29 se desglosan los indicadores e índices correspondientes a las dimensiones por modelo de estudio, y se señalan las herramientas de donde provienen.

Tabla 27. **Indicadores e índices del modelo de respuesta emocional**

Indicador	Herramienta de estudio			Índice
	SG	CD	E	
<b>Indicadores de dimensión visceral</b>				
Proporción de calificación de atractivo		-	-	Índice de apreciación visual (promedio de todos los indicadores.)
Promedios ordinales de intensidad de atracción en cuestionarios digitales (normalizado)	-		-	
Promedio de intensidad de respuesta fisiológica observado. (normalizado)	-	-		
<b>Indicadores de dimensión conductual</b>				
		CC		Índice de cumplimiento de necesidades
Proporción que indican si se adapta a sus necesidades.				
Proporción que indican si se adapta a sus hábitos de jardinería.				Índice de adaptación a hábitos de jardinería
<b>Indicadores de dimensión reflexivo</b>				
Frecuencia de presentación de conceptos de ideas relacionadas.		SG		-

**Nota:** Por SG es “sesión de grupo”, CD es “cuestionario digital, E “contabilización de expresiones” y CC “cuestionario complementario”. Por “Normalizado” se entiende al procesamiento de la información para que varios conjuntos diferentes de datos sean comparables.

Tabla 28. **Indicadores e índices del modelo de emoción del producto**

Indicadores	SG	CC	CD	Índice
<i>Dimensión: Producto como objeto</i>				
Proporción de calificación de atractivo en sesión de grupo	✓	-		Índice de atracción
Proporción de cumplimiento de objetivo asignado al producto.	-	✓	-	
<i>Dimensión: Producto como agente</i>				
Proporción de cumplimiento de estándar.	-	✓	-	Índice de apreciación
<i>Dimensión: Producto como evento</i>				
Proporción de participantes que desean por la apariencia de objeto	✓	✓	-	Índice de deseabilidad
Proporción de participantes que desean el producto por la prospectiva de uso del objeto.	✓	-	-	

Tabla 29. **Indicadores del modelo de los 4 placeres**

Modelo de los cuatro placeres	Cuestionario Complementario	Índice
Promedio ordinal de valorización de placer de posesión	✓	-
Promedio ordinal de valorización de placer de uso	✓	-

#### 5.1.4. Resultados

##### 5.1.4.1. Cuestionario digital y cuantificación de expresiones faciales

En el cuestionario digital (Anexo 9.1) los usuarios evaluaron la propuesta planteada como la más atractiva, alcanzando en promedio ordinal de intensidad de atracción de 4.67 en la escala de 1 a 5, en donde el valor 1 equivale a Muy Feo y el valor 5 equivale a Muy bonito (Figura 56). Respecto a la configuración del ideal de jardín vertical que refiere el ideo-placer, 3 reportaron que el sistema de mallas era lo que más se acercaba a su ideal, mientras que 2 reportaron que era el sistema de Cara de planta.

En función de la cuantificación de las expresiones faciales presentadas mientras los participantes contestaban el cuestionario, se asignó un valor ordinal en una escala de 0 a 5 para medir el intensidad de aceptación/rechazo del concepto, donde 0 es rechazo y 5 aceptación. En *promedio de intensidad*

de respuesta fisiológica observada fue de un valor ordinal de 4.33 que refleja un fuerte nivel de aceptación por la propuesta planteada.

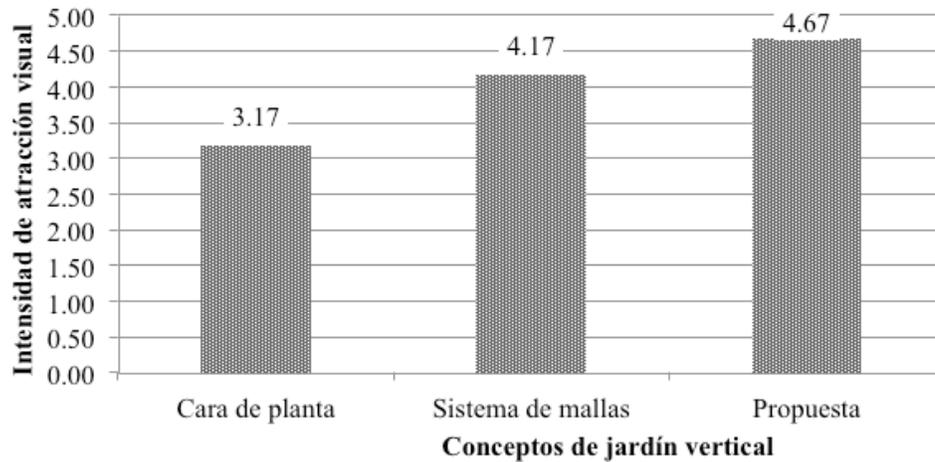


Figura 56. Promedio ordinal de intensidad de atracción: ¿Qué tan atractivo te parece el jardín vertical presentado? Fuente: Elaboración propia.

Los resultados demuestran que hay un buen nivel de aceptación de la configuración formal del producto.

#### 5.1.4.2. Cuestionario complementario a la sesión de grupo

Durante la sesión de grupo se discutieron a profundidad varios aspectos sobre posesión y uso del producto, y luego se solicitó que contestaran el cuestionario complementario que fue entregado al comienzo de la sesión. Con el cuestionario complementario se encontró que la propuesta resultó más placentera de usar y poseer que las otras propuestas. La propuesta obtuvo un promedio ordinal de valorización de placer de posesión de 1.5 y un promedio ordinal de valorización de placer de uso de .83 (Figura 57) en una escala de -2 a 2, donde -2 significa genera poco placer y 2 que provoca mucho placer.

Respecto a los conceptos que transmite la propuesta planteada, se determinó que transmite mejor los conceptos de frescura y familia, en comparación a los conceptos de natural y tranquilidad, alcanzando un promedio de valor ordinal de .5 en una escala de -2 a 2. Las valoraciones de los conceptos resultantes se muestran en la figura 58.

De la dimensión conductual de respuesta de emoción, la *proporción de participantes que indicaron si el sistema se adapta a sus necesidades* fue 6/6 mientras la *proporción que indican si se adapta a sus hábitos de jardinería* fue de 5/6.

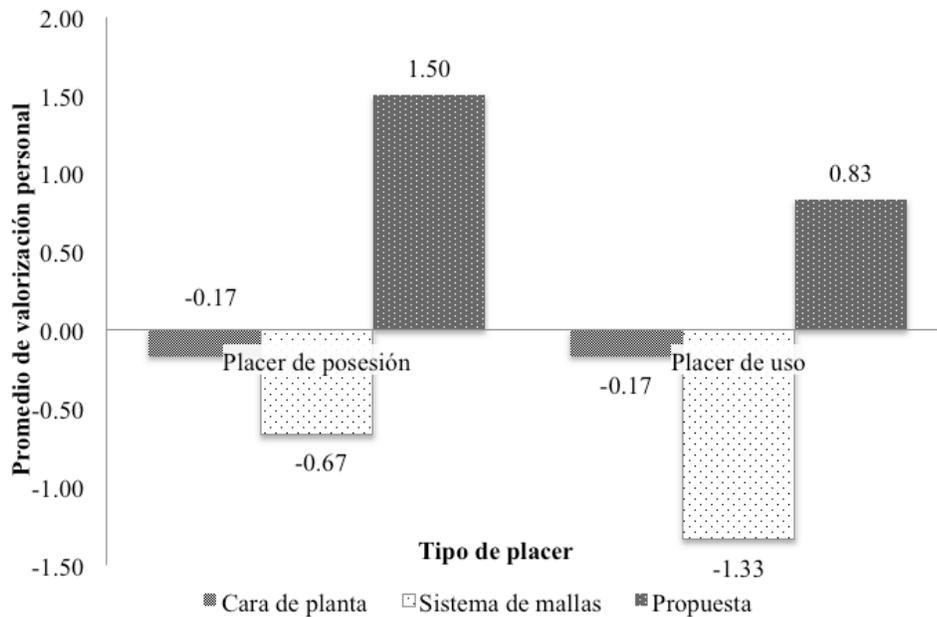


Figura 57. Promedios de prospectiva de placer de posesión y placer de uso de los de jardines verticales mostrados, en escala de -2 a 2: ¿Qué tanto placer te provocaría usar el sistema? y ¿Qué tanto placer te provocaría tener el jardín vertical en tu casa? Fuente: Elaboración propia.

	Totalmente desacuerdo -2	Desacuerdo -1	Neutral 0	De acuerdo 1	Totalmente de acuerdo 2
Calor				0.50	Frescura
Artificial			-0.17		Natural
Individuo				0.50	Familia
Dinamismo			0.17		Tranquilidad

Figura 58. Promedios de diferencial semántico de conceptos de la propuesta en escala -2 a 2, donde 2 es el concepto que se quiere transmitir. Derivado del reactivo de dimensión de ideo-placer en cuestionario complementario. Fuente: Elaboración propia.

Respecto al modelo de emoción del producto, se obtuvieron las siguientes proporciones:

Tabla 30. Resultados respecto al modelo de emoción del producto

Dimensión	Cuestionario complementario
<i>Producto como objeto</i>	
Proporción de cumplimiento de objetivo asignado al producto.	6/6
<i>Producto como agente</i>	
Proporción de cumplimiento de estándar.	1/6
<i>Producto como evento</i>	
Proporción de participantes que desean por la apariencia de objeto	6/6

La *proporción de cumplimiento de objetivo asignado* de 6/6 demuestra que el concepto del jardín vertical planteado cumple con los objetivos asignados por las personas a los jardines verticales, mientras que la proporción de participantes que desean el sistema por la apariencia, también de 6/6, permite interpretar que la configuración formal del producto resulta deseable para el grupo seleccionado porque cumple con la meta de decorar el espacio.

Además, se demuestra que el producto logró despegarse del estándar de jardín vertical existente, pues sólo 1/6 indicó que la propuesta configuraba el ideal jardín vertical. Se encontró que 4 de los participantes calificaron al sistema de fieltro de Generación Verde como el elemento que configura su ideal de jardín vertical, lo que afirma que el sistema de fieltros de jardines verticales es el estándar que actúa como base de la comparación. Cabe notar que se encontró una contradicción con el cuestionario digital, donde 3 reportaron que el sistema de mallas era lo que más se acercaba a su ideal, mientras que 2 reportaron que era el sistema de Cara de planta, pero concuerda que sólo uno considera al producto como el ideal, por lo que la proporción de cumplimiento de estándar no se ve afectado.

#### 5.1.4.3. Sesión de grupo

Se había determinado con anterioridad, en la sesión de grupo de la fase de inspiración, que la emoción que suscitan los jardines verticales a nivel visceral es en medida en que este estimula la vista, es decir, que sea visualmente atractivo. Durante la sesión de grupo<sup>11</sup> se observó una *proporción de calificación de atractivo* de 5/6. Unos de los comentarios que se realizaron respecto a la configuración formal fueron:

*Velazco: “Creo que de los tres, es el más atractivo (refiriendo a la propuesta). Y la parte modular que tiene lo hace factible para cambiar hasta los tamaños. Entonces yo creo que... y así como comentan de la manera de abrirlo, parece que está bien.”*

11 En caso de querer profundizar en los resultados, el corpus de la sesión se visualiza en el Anexo 9.6.

*Leyva: “A mí también me gusta este (la propuesta) porque me gusta mucho la distribución de espacio que tiene. También me gusta mucho el sistema que maneja de riego porque, aparte de que es muy sencillo, te ahorras bastante agua. También me gusta mucho la forma estética. “*

El placer de la misma actividad de la jardinería es fundamental en la experiencia del sistema, hecho que se definió en la etapa de investigación y fue determinante en la ideación del concepto. Al no contar con un prototipo del sistema, se tuvo que trabajar sobre supuestos que limita la valoración al no ser sobre alguna interacción verdadera y estar sujeta a la capacidad de imaginación de los participantes. Sin embargo durante la explicación del concepto el uso del sistema fue un aspecto que se abordó profusamente, a lo que todos los participantes indicaron durante la sesión que el sistema se adapta a sus necesidades en el hogar.

Se observó que este grupo no comentó sobre el placer por la jardinería en el hogar, a diferencia de la primera sesión donde se abordó profusamente. Sin embargo se relevaron otros conceptos que se relacionan a nivel conductual (Figura 59).

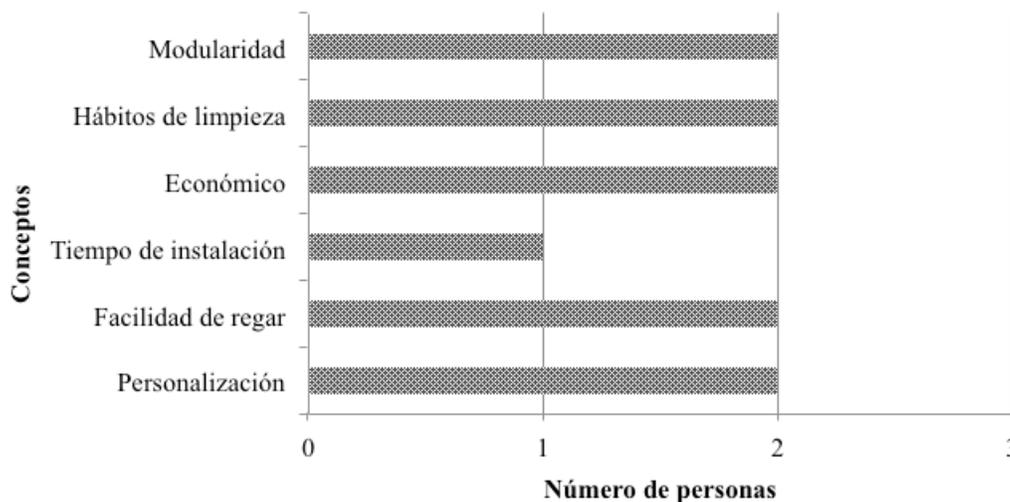


Figura 59. Frecuencia de conceptos a nivel conductual presentados a lo largo de la sesión. Fuente: Elaboración propia.

Se comentaron aspectos como:

*Jiménez: “Si, bueno. A mí también me gusta (la propuesta) más este, porque creo que este lo puedes poner tanto afuera como adentro. O por los módulos, ponerlos de diferente formas. No nada más vertical, sino también seriados”*

*Velasco: “Yo creo que también prefiero el tercero (la propuesta). Se me hace muy práctico y probablemente quizá no necesites todo el tablero, si no como uno. Y es fácil de regar. El segundo*

*como que se me hizo medio complicado porque si no tengo agua, pues que voy a hacer. Entonces sí, siento que es más inversión y estar más pendiente de él. Y el primero de plano no (...). A parte todas las perforaciones en la pared, como que no.”*

A nivel reflexivo, se reveló en la sesión de grupo de investigación que los usuarios asociaban los jardines verticales con conceptos de “reconectar con los orígenes” y “autonomía del individuo” mediante el cultivo de hortalizas. En la presente sesión de evaluación, el cultivo de hortalizas siguió siendo un aspecto de suma importancia, pues 3 participantes mencionan que sería un aspecto que le agrada, pero se observa que no en el sentido de la emoción que surge a partir las ideas de independencia y cultivo. Otras emociones a raíz de contemplación fueron detectadas. Destaca la belleza de algo natural y se mencionó la responsabilidad, la convivencia y la personalización del espacio. Por ejemplo, Leyva comentó: “(...) *Es bonito porque es una buena impresión, es como desestresante.*”

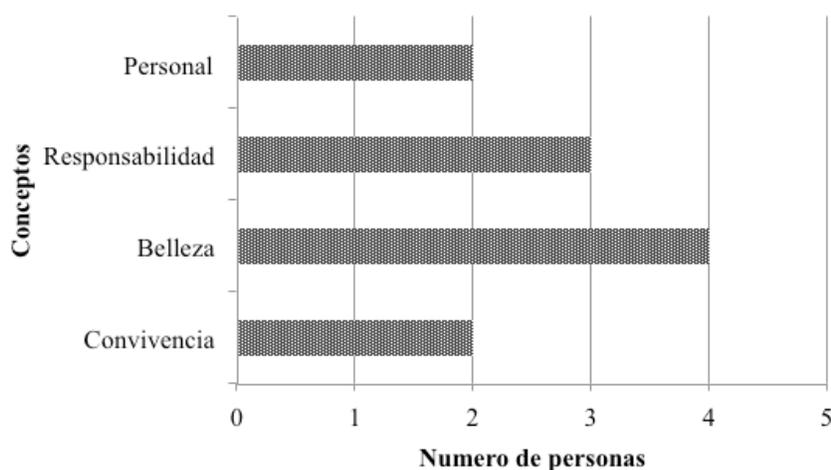


Figura 60. Gráfica de frecuencia de conceptos de nivel reflexivo discutidos a lo largo de la sesión.

Fuente: Elaboración propia.

Referente a la emoción de producto, se observó la *proporción de participantes que desean el producto por la apariencia de objeto* fue de 4/6, y la *proporción de participantes que desean el producto por la perspectiva de uso del objeto* de 6/6. Se observa que el deseo del producto el uso del producto incita más deseo que la apariencia misma, en comparación a los productos existentes en el mercado.

Finalmente, en función del modelo de los 4 placeres se exploró el posible placer que puede generar el producto. Durante la sesión se trataron los siguientes aspectos referentes a placer que provoca.

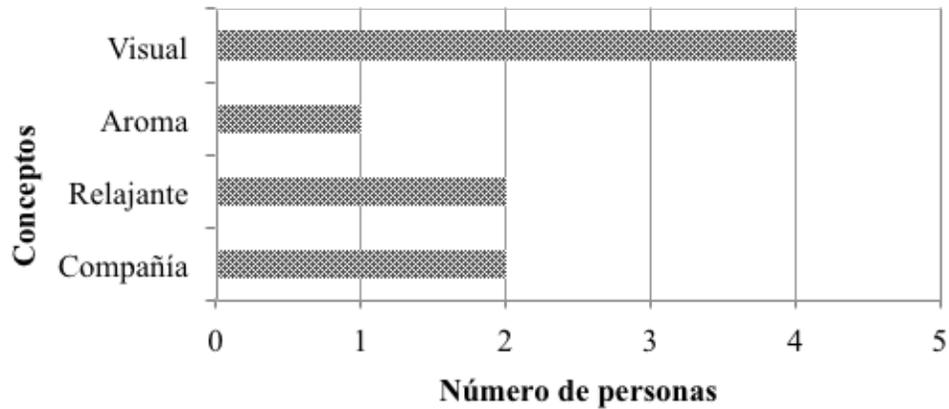


Figura 61. Frecuencia de conceptos referentes al placer. Fuente: Elaboración propia.

La sesión reveló otros conceptos de placer que no habían sido valorados en la primera sesión de grupo. Tanto lo visual como el aroma son estímulos de fisio-placer, mientras que la idea de relajante y compañía son placeres de tipo psicológicos (psico-placer). Se comentaron cosas como:

*Martínez: “ Igual yo opino que es una opción para hacer un ambiente relajante, visualmente atractivo.”*

*Hernández: “Si, también creo que sería un poco de responsabilidad tener que estar cuidando de tu jardín. Yo siento que igual también sería un contacto.”*

Respecto a las alternativas de colores y formas del marco de la propuesta, se evaluaron 5 colores: blanco, negro gris, verde y rojo, colores que se podrían usar en el sistema (Figura 55). Cuatro de los participantes indicaron que les gusta más el color blanco, y mientras que las otras indicaron que aunque fuera el único color disponible lo comprarían. Se prosiguió con la evaluación de 2 opciones del marco (Figura 54) a lo que 4 indicaron preferir el marco con relieve.

#### 5.1.4.4. Indicadores de emoción de producto

A partir de los diversos indicadores se calcularon los índices de los distintos modelos. Bajo el modelo de respuesta emocional se incluye el índice de apreciación visual, de cumplimiento de necesidades, y la adaptación a los hábitos de jardinería, visualizados en la tabla 31. Todos los índices del diseño emocional resultaron mayores que .83 que indica que existe una fuerte apreciación visual de parte de los usuarios por el sistema, que el sistema cumple con las necesidades de los usuarios y que el sistema se adapta a los hábitos de jardinería.

Tabla 31. **Índices de diseño emocional**

Herramienta	Indicador	Valor
<b>Visceral</b>		
Sesión de grupo	Proporción de calificación de atractivo en sesión de grupo.	0.83
Cuestionario digital	Promedios ordinales de intensidad de atracción (normalizado) (=4.67/5)	0.93
Cuantificación de expresiones	Intensidad de respuesta fisiológica observado (normalizado) (=4.33/5)	0.87
<b>Índice de apreciación visual</b>		0.88
<b>Conductual</b>		
Cuestionario complementario	<b>Índice de cumplimiento de necesidades</b>	1.00
Cuestionario complementario	<b>Índice de adaptación a hábitos de jardinería</b>	0.83

**Nota:** Los índices son valores ordinales en un rango de 0 a 1, donde 1 indica un estado afectivo positivo, (que resulta en la aceptación), y 0 a un estado afectivo negativo. En el cuestionario digital y la cuantificación de expresiones se ha tenido que usar un procedimiento de normalización para pasar el promedio determinado a un valor entre 0 y 1, por lo que los promedios se han dividido entre 5.

Referente a la emoción del producto se analizó la propuesta como objeto, como agente y como evento, medidos respectivamente por el *índice de atracción*, *índice de apreciación* y el *índice de deseabilidad*. Estos índices de emoción de producto (Figura 62) son los promedios de varios indicadores, mostrados en la tabla 32.

El índice de atracción demuestran que desde la perspectiva de objeto, es decir aquella emoción que estimula el producto respecto la actitud referente a la apariencia general del producto, es más fuerte en comparación a su deseabilidad y la apreciación. El índice de apreciación indica que el jardín vertical no encaja en los estándares de jardines verticales, que era el resultado buscado. Desde la sesión de grupo de inspiración se estableció que el jardín vertical no configuraría como el estándar de las personas porque las personas realmente no tienen experiencia con los jardines verticales y el estándar base pasaría a ser la jardinería.

El proyecto alcanzó un índice de deseabilidad de .89 que revela que el proyecto cumple con las metas que asignan las personas al jardín vertical de embellecer un espacio con plantas.

Tabla 32. **Índices de emoción de producto**

Dimensión	Sesión de grupo	Cuestionario complementario	Cuestionario digital
<i>Producto como objeto</i>			
Proporción de calificación de atractivo en sesión de grupo	5/6	-	1
Proporción de cumplimiento de objetivo asignado al producto.	-	1	-
Índice de atracción = 0.92			
<i>Producto como agente</i>			
Proporción de cumplimiento de estándar.	-	1/6	-
Índice de apreciación = 0.17			
<i>Producto como evento</i>			
Proporción de participantes que desean por la apariencia de objeto	2/3	1	-
Proporción de participantes que desean el producto por la prospectiva de uso del objeto.	1	-	-
Índice de deseabilidad = 0.89			

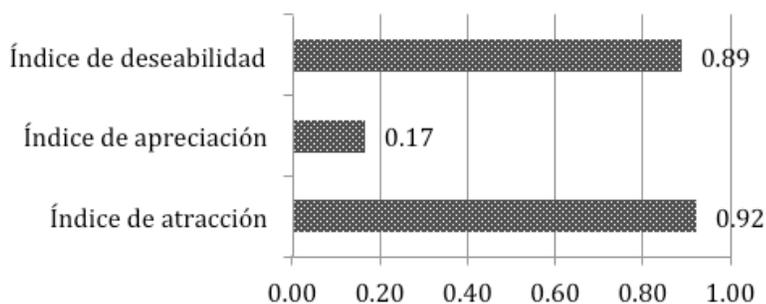


Figura 62. Índices de emoción de producto. Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. EVALUACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

Como evaluación final del producto se calificó el cumplimiento de los requerimientos establecidos a partir de las investigaciones realizadas.

Tabla 33. Evaluación de especificaciones de producto

<i>Quality Characteristics or “Functional requirements”</i>		Minimiza (▼), Maximiza (▲), o Objetivo (x)	Objetivo o valor límite	Evaluación
Especificaciones				
1	Fácil interacción	x	Binario, Sí	Sí
2	Minimizar impacto ambiental	x	Binario, Sí	Sí
3	Aspecto agradable independiente	x	Subj.	Sí
4	Evoca familia	x	Subj.	Sí
5	Número de piezas de instalación	▼	Cantidad	12 piezas
6	Número de incidencias a un soporte por metro cuadrado	▼	Cantidad	0 incidencias
7	Auto-soportante	x	Binario, Sí	Sí
8	Sistema de sustrato	x	Binario, Sí	Sí
9	Sistema tipo Kit	x	Binario, Sí	Sí
10	Sistema de irrigación por gravedad	x	Binario, Sí	Sí
11	Diámetro de maceta	x	mm	113<200
12	Profundidad de maceta	x	mm	87<155
13	Mecanismo recolección de agua	x	Binario, Sí	Sí
14	Movilidad	x	Binario, Sí	Sí
15	Adaptabilidad	x	Binario, Sí	Sí
16	Variedad de tamaños de macetas	x	Cantidad	3 tamaños
17	Variación de tamaños de macetas adecuado	x	mm	20 mm
18	Resistencia al impacto	x	KN	1.700 KN
19	Masa total	▼	Kg	2.7 kg
20	Resistencia a la intemperie	▼	Binario, Sí	Sí
21	Elemento humidificante	x	Binario, Sí	Sí

Dada esta evaluación es posible afirmar que se ha cumplido con las especificaciones definidas para el jardín vertical.

### 5.3. CONCEPTO DE JARDÍN VERTICAL

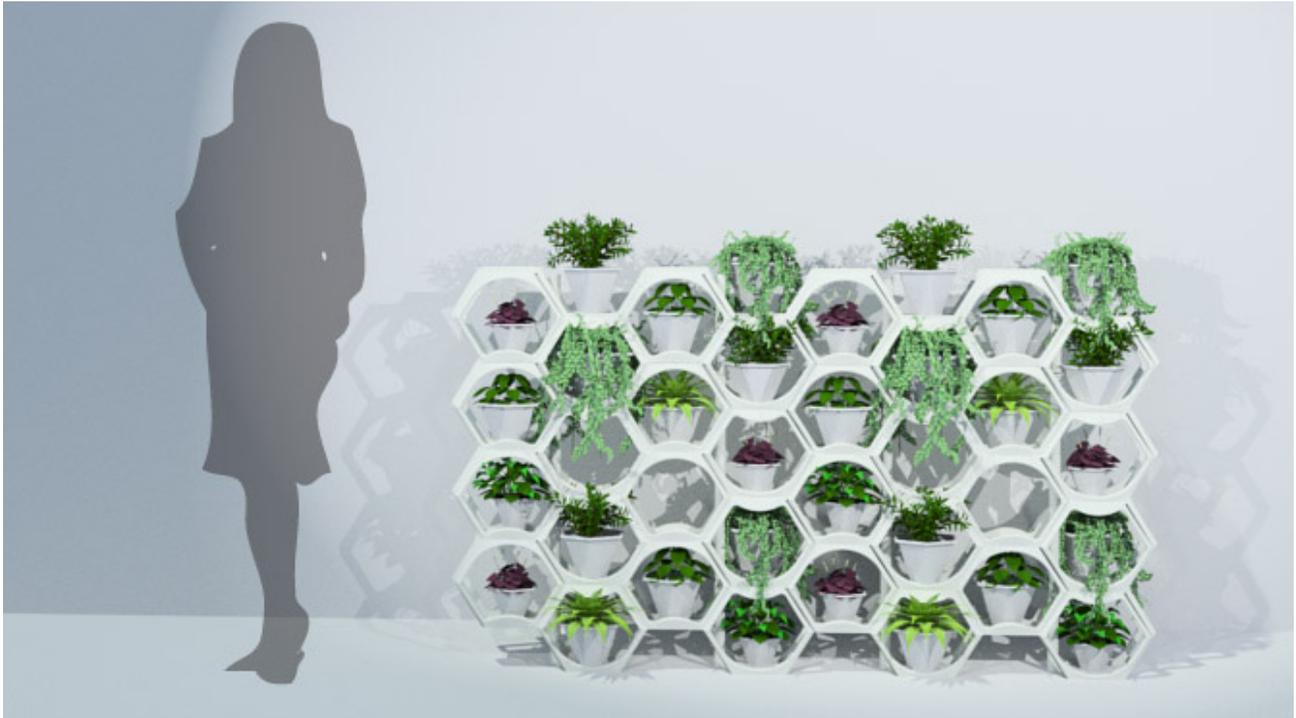


Figura 63. Propuesta de concepto de jardín vertical para interiores. Fuente: Elaboración propia.

Tras las investigaciones y actividades realizadas, el concepto propuesto consiste en un sistema modular auto-soportante tipo kit, de cultivo de sustrato que usa un sistema de riego por goteo. La función del sistema es proveer un espacio que permite el cultivo de plantas ornamentales para interiores, sin llegar a tapizar el área.



Figura 64. Módulo individual con plantas. Fuente: Elaboración propia.

Un módulo es conformado por 4 charolas de unión, 2 tubos de unión y 2 marcos. Al módulo de la base se le coloca dos depósitos de recepción con tubos de soporte, mientras que los módulos superiores se enciman mediante los tubos de unión y mediante los marcos. La figura 65 y figura 66 muestran cómo se arma el sistema.



Figura 65. Detalles de uniones con la secuencia de armado del módulo. Fuente: Elaboración propia.

Los módulos se pueden colocar dos maneras. La primera y más sencilla es en una disposición de matriz lineal donde los módulos se colocan exactamente uno sobre otro y a sus costado. La segunda disposición es mediante una matriz lineal desfasada, donde los módulos superiores se apoyan sobre dos módulos (Figura 67).

La estructura soporta macetas de tres tamaños diferentes. El sistema está diseñado para plantas ornamentales pequeñas, no obstante se agregó una pieza adicional para plantas de mayor altura en caso de ser necesario. La propuesta es simple de usar porque se basa en sistemas tradicionales de cultivo.

Una vez colocadas las macetas en su lugar, el sistema se riega y el agua escurre hasta la base donde es recolectada en los depósitos de recepción (Figura 68).



Figura 66. Detalles de uniones para módulos adicionales. Fuente: Elaboración propia.

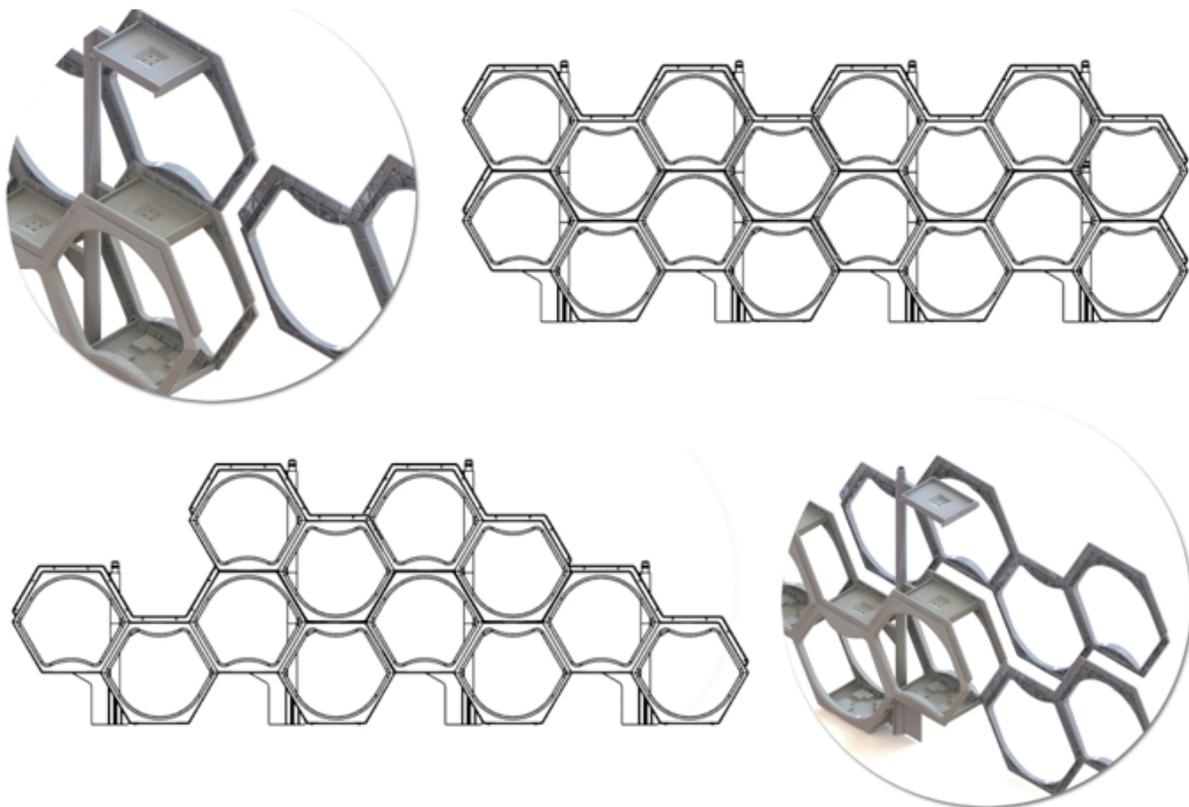


Figura 67. Configuraciones de módulos con detalles de armado. De arriba abajo, es una disposición de matriz lineal y una disposición de matriz lineal desfasado. Fuente: Elaboración propia.

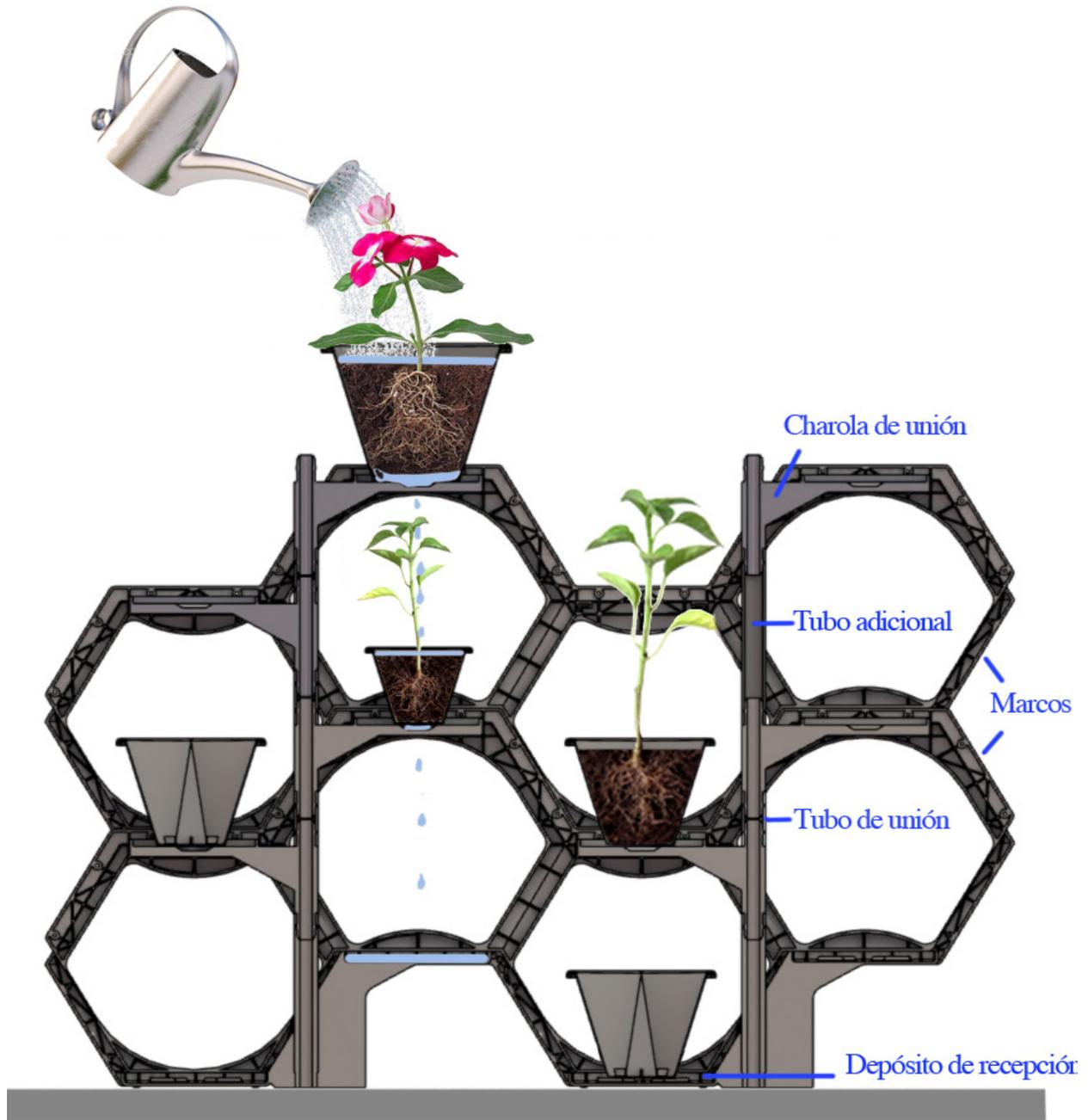


Figura 68. Esquema de funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

El sistema puede soportar la estiba de un máximo de 6 módulos, que pesa máximo 167 kg, alcanzando una altura aproximada de 2 metros.

La configuración formal regular y sencilla lo hace adecuado para interiores de diferentes estilos.



Figura 69. Dos módulos en una cocina de estilo moderno. Fuente: Elaboración propia.



Figura 70. Jardín vertical en una cocina de estilo clásico, en dos configuraciones de módulos. La izquierda muestra una disposición de matriz lineal desfasada de 3 módulos y la derecha presenta una matriz lineal con 4 módulos . Fuente: Elaboración propia.



Figura 71. Dos módulos instalados en una recámara de estilo contemporáneo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 72. Seis módulos en un interior ecléctico. Fuente: Elaboración propia.



Figura 73. Seis módulos en un apartamento loft. Fuente: Elaboración propia.

La cotización del proyecto exceden los límites del proyecto en tiempo y extensión. No obstante la selección de materiales, de el sistema de producción, y del sistema de irrigación que usa, es posible plantear que el sistema se puede vender a un precio más barato que la competencia.

#### 5.4. RESUMEN DE CAPÍTULO

El estudio emocional demostró que el jardín vertical genera un estado emocional positivo en los usuarios. De acuerdo con el modelo de respuesta emocional del producto se encontró que a nivel visceral la propuesta tiene una fuerte apreciación visual, mientras que a nivel conductual, cumple con las necesidades de los usuarios y se adapta a los hábitos de jardinería. Subsecuentemente se puede concluir que la propuesta tiene una fuerte respuesta de aceptación del producto. En el nivel reflexivo las ideas que evoca el producto en el nivel más alto de procesamiento son la belleza de lo natural y la responsabilidad.

En cuanto al modelo de emoción del producto, el estudio confirma que el producto genera un sentimiento intenso de atracción y deseabilidad, pues responde adecuadamente a la actitud estética de los usuarios y a la meta asignada de decorar el espacio interior. Además se encontró que el producto difiere marcadamente del estándar de muro verde, lo que evidencia que se ha alcanzado el objetivo deseado respecto al producto como agente.

Según el modelo de los 4 placeres del producto, los placeres potenciales revelados son de psico-placer, las ideas de compañía y relajación, y fisio-placer con el goce del aroma y el aspecto visual.

El estudio contribuyó a definir las características finales del objeto, seleccionando el marco de superficie frontal con relieve irregular y confirmando el color blanco.

El carácter conceptual de la prueba permitió realizar una aproximación de los indicadores de cada modelo de emoción. Esto ha sido apropiado para el proyecto porque ajustó el concepto del producto a los diversos aspectos de emoción en una etapa temprana de desarrollo del producto. Las cuestiones emocionales estudiados e implementados en el diseño del producto distinguen al producto ante otros jardines verticales y lo adecúa al grupo meta definido. No obstante se reconoce las limitantes que presenta este tipo de estudio, pues como indica Norman (2005) “No se puede evaluar, sin embargo, una innovación recabando sólo las opiniones de los clientes, pues para ello se precisan personas que imaginen algo de lo cual no tienen experiencia.” (p. 91). Por esto para etapas posteriores del desarrollo del producto se puede formular pruebas sobre prototipo para evaluar con mayor precisión.

El estudio demuestra que el concepto del producto tiene una respuesta visceral tal que es posible esperar que sea aceptado por el mercado, reconociendo que la ventaja principal del sistema sobre la competencia y el estándar de muro verde es la prospectiva de uso, ya que se adecúa a las necesidades y a los hábitos de los usuarios. Por tanto se recomienda que en caso de desarrollar el producto y requerir una campaña de publicidad, se explote principalmente el placer visual, complementándolo con los conceptos del placer por el aspecto relajante y la sensación de compañía.

Finalmente las evaluaciones han demostrado que se cumplieron con las especificaciones detectadas a partir de los estudios. El proceso ha guiado la formulación de un producto consistente que se fundamenta en una serie de investigaciones y análisis que han detectado requerimientos para los diversos vectores de forma del producto.

## CONCLUSIONES

La tesis tuvo como propósito desarrollar un jardín vertical para espacios interiores en México mediante criterios de diseño emocional. Como resultado de las investigaciones realizadas se planteó un sistema modular auto-soportante tipo kit, de cultivo de sustrato que usa un sistema de riego por goteo.



Figura 56. Propuesta de jardín vertical.

El nuevo ecoproducto desarrollado es de buena calidad a nivel concepto. Mostró tener un buen nivel de aceptación por los usuarios potenciales porque cumplió con la meta asignada y las necesidades de los usuarios y se adaptó a sus hábitos de jardinería despertando un sentimiento de atracción y deseabilidad.

El producto puede ser incertado en el mercado porque está dirigido a un grupo meta claramente definido que presenta necesidades particulares que no han sido satisfechas por los productos existentes. Se distingue de la competencia por su configuración formal particular, llamativa para los usuarios y diferente a los estándares de muros verdes y por la forma de uso e instalación más sencilla que las alternativas. El sistema de producción seleccionado, el diseño de piezas que no requieren moldes con aditamentos especiales, el material y el sistema de irrigación seleccionado, permiten plantear que la producción a gran escala tiene la posibilidad de vender el producto a un precio asequible por los usuarios.

Siguiendo la estructura metodológica de *Design Thinking* y a través de una serie de estudios y análisis que se ejecutaron a lo largo del proceso se cumplieron con los objetivos y las metas estipuladas en el proyecto, de manera que se conceptualizó un producto propiamente articulado en cuanto a su configuración formal. Se estudió el mercado, los requerimientos funcionales, las necesidades de los usuarios y se evaluó el diseño con la aplicación de diversas herramientas de diseño. Por tanto el concepto incorporó las características que permiten esperar que funcione y que tenga una buena aceptación en el mercado.

La primera parte de la investigación del proyecto rescató una revisión de los conceptos básicos del desarrollo de producto y diseño sostenible así como de modelos de diseño emocional y sus herramientas de estudio que estructuraron el planteamiento del proyecto.

En la etapa de ideación, las investigaciones permitieron conocer la oferta actual de jardines verticales en México, detectar un mercado potencial y sus características para dirigir el producto y seleccionar especies de plantas adecuadas para jardines verticales en interiores. Así mismo se estudiaron aspectos emocionales relacionados con la jardinería y los jardines verticales que reveló consideraciones importantes para la conceptualización del producto. Se observó que la emoción generada por la actividad es influenciada por cómo se mantiene las plantas, por los efectos relajantes sobre las personas y por la fuerte carga ideológica de convivencia y autosuficiencia. Las investigaciones se concretaron en la traducción de las necesidades encontradas a las especificaciones de diseño que definieron el producto.

Durante la etapa de ideación se exploraron una serie de ideas, y una vez seleccionado un concepto, se definieron los detalles aplicando diversas herramientas de diseño. El análisis mecánico contribuyó en la definición de las medidas finales para soportar las cargas aplicadas y el EDACV contribuyó en la selección final del material para disminuir el impacto ambiental que genera el producto.

El proyecto se concluyó con la evaluación del concepto ante las especificaciones estipuladas y ante la evaluación con usuarios meta a partir de imágenes, donde se observó la reacción que puede provocar el producto y confirmar ciertos detalles de la forma preferentes en una fase temprana de conceptualización.

## 6.1. APORTACIONES

Ante este trabajo, se considera que se ha realizado una serie de aportaciones en materia de investigación:

- El concepto del jardín vertical modular desarrollado a partir del trabajo de investigación. En este sentido se desarrollaron varias imágenes de concepto y se trazaron los planos de detalle.
- Análisis comparativo de jardines verticales del mercado mexicano de seis empresas.
- Estudio estadístico sobre jardinería en hogares en Huajuapán de León que revela características de la actividad y el grupo que lo realiza, útil para aplicaciones mercadológicas o diseño de nuevos productos.
- Lista de especies para jardines verticales interiores.
- Estudio de aspectos emocionales respecto a los jardines verticales para aplicar en el diseño de sistemas similares.

En materia de teoría de diseño, también se han realizado una serie de aportaciones, presentado un caso de estudio para proyectos similares, que requiera plantear proyectos que se ajuste mejor a las necesidades de los usuarios y que sean ecológicamente conscientes:

- La aproximación integral al diseño de producto al usar diversas herramientas de estudio para detectar necesidades y requerimientos de los vectores de la forma.
- La aproximación emocional – ecológico en la conceptualización de productos que permite considerar las necesidades emocionales del usuario que posibilitan la innovación y que considera al medio ambiente para plantear proyectos ecológicamente conscientes.
- La evaluación emocional del concepto durante una fase temprana de desarrollo como una estrategia para detectar y terminar de definir características de diseño de manera económica.
- El uso de la metodología de ACV estipulada por la ISO 14040 y 14044 para reportar el EDACV, para sentar las bases de ACV futuras y los puntos críticos a cuidar en dicho análisis.

## 6.2. LECCIONES APRENDIDAS

Las técnicas aplicadas para la investigación (encuesta, sesión de grupo, entrevistas y revisión bibliográfica) y los estudios (EDACV, el análisis mecánico y sesión de grupo de evaluación) hicieron que el proyecto llevara una aproximación holística para abordar el problema y posibilitaron definir

los vectores de forma para concretar un proyecto factible en aspectos técnicos y mercadológicos. Las investigaciones aportaron información determinante para el producto total.

La evaluación de diseño con base en el ciclo de vida (EDACV) permitió plantear estrategias de reducción de impacto ambiental estructurar un esquema inicial para ACV posteriores, detectando los puntos críticos potenciales que se tendrán que revisar más adelante.

Por otro lado, la evaluación de concepto con usuarios meta a partir de imágenes en lugar de prototipo ayudó evaluar la reacción que puede provocar el producto en una fase temprana de conceptualización y de manera económica.

Para proyectos posteriores que sigan la aproximación usada, se recomienda conformar un grupo multidisciplinario que integre personas de diversas áreas de conocimiento para la aproximación integral al desarrollo de producto con el objetivo de incrementar la eficiencia del proceso. Además se cambiaría la investigación de la lista de las especies por una investigación bibliográfica sobre cuidados generales de las plantas, cosa que resultó más útil para el vector de forma funcional y tecnológico.

En un inicio se había planteado realizar la cuantificación de expresiones faciales con las heurísticas de Lera y Garreta-Domingo (2008) pero posteriormente se cambiaron por las emociones básicas planteadas por Paul Ekman al ser más sencillas de observar y cuantificar. Se observa que en la sesión de grupo la cuantificación de las expresiones faciales que estaba dirigido para tomar una medida fisiológica de respuesta de emoción no reveló aspectos diferentes o relevante a los presentados en el análisis de contenido, y requirió mucho tiempo para realizar. Por tanto la corroboración de las emociones presentadas en la sesión de grupo mediante la cuantificación de las expresiones faciales es un estudio prescindible cuando se cuenta ya con un análisis de contenido.

### 6.3. TRABAJO A FUTURO

Para concretar el producto se han planteado estudios adicionales que se pueden realizar:

1. La construcción de un prototipo para ejecutar pruebas mecánicas, estudiar la estabilidad del sistema y hacer evaluaciones emocionales finales con usuarios para tener una aproximación más real a la emoción que genera el producto. Asimismo también permitiría estudiar la capacidad del sistema de enfriamiento y humidificación en el área contigua para reportar como característica del sistema.
2. Con la finalidad de verificar los datos, es posible plantear una revisión de la EDACV con otro programa, por ejemplo GaBi o SimaPro Developer, software especializado de análisis de ciclo de vida. En etapas posteriores de implementación de los sistemas de producción del producto, también se plantea la posibilidad de proponer un ACV que lleve un esquema de evaluación que

permita recopilar de datos de las emisiones directamente de la maquinaria de producción para tener una medida más real sobre los impactos ambientales generados.

3. Realizar la cotización del proyecto donde se calcule el costo unitario del producto y la inversión inicial requerida, que excedía los límites del proyecto en tiempo y contenido.
4. Para concretar el producto total, se ha detectado la posibilidad de generar productos ampliados y *plus*:
  - El desarrollo de empaque y marca son productos ampliados necesarios para la venta y distribución del producto. Adicionalmente se puede realizar un manual de usuario para informar a los usuario sobre plantas sugeridas para el sistema e informar como cuidarlos.
  - La construcción de blogs, sitios web o aplicaciones que generen espacios para compartir información y generar comunidades son un *plus* que contribuiría en el socio-placer que puede generar el producto, que refuerza el estado afectivo.
  - Planteamiento de estrategias de venta y generación de campañas de publicidad en función de las características determinadas a raíz de las investigaciones.

Como trabajos en el área académica se formula lo siguiente:

- Verificar las herramientas usadas para establecer una aproximación similar para procesos de desarrollo de producto que integren cuestiones emocionales y sostenibles como factores determinantes de los conceptos.
- Plantear el diseño de sistemas de jardines verticales y techos verdes de manera que se ajuste a los hábitos de los usuarios y que genere placer más allá del aspecto visual como estrategia de promoción de estos sistemas (además de las estrategias tecnológicas y fiscales que se plantean).
- Evaluar la posibilidad de aplicar diseño emocional para estimular hábitos o conductas sostenible mediante productos.



# ANEXOS

## ANEXO A. PLANOS DESCRIPTIVOS



# REFERENCIAS

- Alonso, E., Alonso, J. (2005) *Equilibrio de las emociones*. En Despejando el camino evolutivo (75-86). San Vicente, España: Editorial Club Universitario.
- Aryse. (2012, 10 de febrero). *Patrick Blanc: Jardines verticales*. En Aryse.org. Recuperado de <http://www.aryse.org/patrick-blanc-jardines-verticales/>
- Ashby, M.F. (2005). *Material Selection - the basics*. En Material Selection in Mechanical Design. (3ªed.) (79-104). Italia: Elsevier.
- Asociación Mexicana de Agencias de Investigadores de Mercado y Opinión Pública. (2008). *Sesiones de grupo*. México: Autor.
- Avramova, Y. R. & Trijp, H.C.M. van. (2014). Multiple Selves in Sustainable Consumption. En Trijp, H.C.M. van (Ed.). *Encouraging Sustainable behavior: Psychology and the environment*. (3-10). EE.UU: Psychology Press.
- Bayer, Material Science. (2000). *Part and Mold Design. Thermoplastics, A design Guide*. Recuperado de <http://edge.rit.edu/content/P12056/public/Part+and+Mold+Design.pdf>
- Bayer, Material Science. (s.f.). *Snap-Fit Joints for Plastics*. Recuperado de [http://www.fab.cba.mit.edu/classes/562.12/people/vernelle.noel/Plastic\\_Snap\\_fit\\_design.pdf](http://www.fab.cba.mit.edu/classes/562.12/people/vernelle.noel/Plastic_Snap_fit_design.pdf)
- Bechtel, R. B. & Churchman, A. (Eds.). (2002). *Handbook of Environmental Psychology*. EE.UU: John Wiley & Sons, Inc.
- Bedolla Pereda, D. (2002). *Diseño sensorial. Las nuevas pautas para la innovación, especialización y personalización del producto*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, España. Recuperado de [www.tdx.cat/handle/10803/6826](http://www.tdx.cat/handle/10803/6826)
- Biani. (2012). *Biani*. Recuperado de <http://biani.bitbang.mx/>
- Bonapace, L. (2001). *The Sensorial Quality Assessment*. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: beyond usability* (189-215). Reino Unido: Taylor & Francis.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. Recuperado de <http://www.unusualeading.com>
- Bürdek, B. E. (2005). *Design, history, theory and practice of product design*. (Trad. Dale, M., Richter, S. & Haumann, N.) Alemania: Publishers for Architecture. (Original en alemán, 2005).
- Bureau of Indian Standards. (2009, septiembre). *Environmental Management-Life cycle assessment-*

- requirements and guidelines*. Recuperado de <http://archive.org/details/gov.in.is.iso.14044.2006>
- Cara de planta. (s.f.). *Cara de Planta, Modular vertical Gardening system*. Recuperado de <http://caradeplanta.com/?lang=en>
- Cárdenas, G. (2012). *Construir en verde, el reto de las ciudades*. En El Universal. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/cultura/67893.html>
- Centro de Información de las Naciones Unidas (2015). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Recuperado de <http://www.cinu.mx/temas/medio-ambiente/medio-ambiente-y-desarrollo-so/>
- Cheer, G. (Ed.) (2006). *Botánica. Guía ilustrada de plantas*. (Trad de Tandem Verlag GmbH). China: Könnemann. (Original en alemán, 2003)
- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica. (s.f.) *Fachadas y azoteas verdes*. Recuperado de [http://www.conalep.edu.mx/academicos/Documents/eficiencia\\_energetica/MD6Azoteas-Verdes\\_FinalFeb2013.pdf](http://www.conalep.edu.mx/academicos/Documents/eficiencia_energetica/MD6Azoteas-Verdes_FinalFeb2013.pdf)
- Corral-Verdugo, V., Tapia, C., Frías, M., Fraijo, B. & González, D. (2009). *Orientación a la Sostenibilidad como base para el comportamiento Pro-social y Pro-ecológico*. Medio Ambiente y Comportamiento Humano, 10(3), 195-215. Recuperado de [www.mach.webs.ull/PDFS/Vol10\\_3/Vol10\\_3\\_b.pdf](http://www.mach.webs.ull/PDFS/Vol10_3/Vol10_3_b.pdf)
- Corson-Knowles, T. (2012). *The vertical gardening guidebook*. EE.UU.: Authentic Health Coaching.
- Creusen, M. & Snelders, D. (2001). *Product appearance and consumer pleasure*. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: beyond usability* (69-96). Reino Unido: Taylor & Francis.
- Cummings, N.G. (2012). *Fostering sustainable behavior through design: a study of the social, psychological and physical influences of the built environment*. (Tesis inédita de maestría). University of Massachussets, Amherst. Recuperado de <http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2015&context=theses>
- Cupchik, C.G. (2004). *The Design of Emotion*. En McDonagh, D., Hekkert, P., Erp, J. van & Gyí, D. (Eds.) *Design and emotion; The experience of everyday things* (3-7). Reino Unido: Taylor & Francis.
- Dassault Systèmes Solidworks Corp. (2014). *Sustainable Design*. Recuperado de [www.solidworks.com/sustainability/sustainable-design.htm](http://www.solidworks.com/sustainability/sustainable-design.htm)
- Desmet, P.M.A. (2004). *From disgust to desire: how products elicit emotions*. En McDonagh, D., Hekkert, P., Erp, J. van & Gyí, D. (Eds.) *Design and emotion; The experience of everyday things* (8-13). Reino Unido: Taylor & Francis.

- Desmet, P.M.A. & Hekkert, P. (2001). The basis of product emotions. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: beyond usability* (61-68). Reino Unido: Taylor & Francis.
- Dotmar. (s.f.). *Creep Resistance of Plastics*. Recuperado de <http://www.dotmar.com.au/creep-resistance.html>
- Efunda. (2012). *Introduction to injection molding*. Recuperado de [www.efunda.com/processes/plastic\\_molding/molding\\_injection.cfm](http://www.efunda.com/processes/plastic_molding/molding_injection.cfm)
- Fulton Suri, J. (2001). Designing experience: weather to measure pleasure or just tune in. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: beyond usability* (161-174). Reino Unido: Taylor & Francis.
- García, M. (2009). *Fundamentos del Diseño en Ingeniería*. México: Universidad Politécnica de Valencia.
- Generación Verde. (2014). *Generación Verde – Jardines Verticales y Azoteas Verdes*. Recuperado de <http://generacionverde.mx/>
- Grant, T. (2009). Life Cycle Assessment in practice. En Horne, R. Grant, T. & Verghese, K. *Life Cycle Assessment. Principles, Practice and Prospects* (23-31). Australia: Csiro Publishers.
- Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.). (2001). *Pleasure with products: beyond usability*. Reino Unido: Taylor & Francis.
- Guinée, J.B. (Ed.). (2004). *Handbook on de life cycle assessment. Operational Guide to the ISO Standards*. Nueva York, EE.UU.: Kluwer Academic Publishers. Recuperado de <http://www.isa.utl.pt/der/ASAmb/DocumentosAulas/Recipe/Handbook%20on%20Life%20Cycle%20Assessment.pdf>
- Hales, T. (2001). *The Honeycomb Conjecture. Discrete & Computational Geometry*. 25(1), 1-22, Recuperado de: <http://arxiv.org/abs/math.MG/9906042/>
- Hamm . RM, (1991). *Selection of verbal probabilities : A solution for some problems of verbal probability expression*. Organizational Behavior and Human Decision Processes 48. 193-223.
- Horne, R, Grant, T. & Verghese, K. (2009). *Life cycle assessment.Priciples, practies and prospects*. Ausralia: Csiro Publishers.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2014). *Normas y Especificaciones para estudios, proyectos de construcción e instalaciones*. 3(III). México: Autor.
- Jardines Verticales México. (2011). *Jardines Verticales México*. Recuperado de <http://jardinesverticalesmexico.mx/>

- Kälviäinen, M. (2001). Product design for consumer taste. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: Beyond usability* (77-98). London: Taylor & Francis.
- Kamrani, K.A., Azimi, M. & Al-Ahmri, A.M. (Eds.). (2013). *Methods in Product Design: New strategies in Reengineering*. EE.UU: CRC Press.
- Khalid, H. & Helander, M. (2006). *Customer emotional needs in product design*. *Concurrent Engineering*, 14(3), 197-206. doi: 10:1177/1063293X06068387
- Knox, G. (Ed.). (1979). *Complete Guide to Gardening*. E.E. U.U.: Better Homes and Gardens.
- Kopec, D. (2012). *Environmental Psychology for Design*. Canada: Fairchild Books.
- Lammers, S. M. (1999). *All about houseplants*. EE.UU.: Ortho Books.
- Lera, E. & Garreta-Domingo, M. (2008). *10 heurísticos emocionales, pautas para evaluar la dimensión afectiva de los usuarios de forma fácil y económica*. *Faz*. 1(2), 68-81. Recuperado de [http://www.revistafaz.org/articulos\\_2/06\\_diezheurísticos\\_delera\\_garreta.pdf](http://www.revistafaz.org/articulos_2/06_diezheurísticos_delera_garreta.pdf)
- Lerma Kirchner, A.E. (2004). *Guía para el Desarrollo del Productos*. (3<sup>a</sup> ed.). México: Thomson Learning.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Diario Oficial de la nación, Distrito Federal, México, 30 de abril de 2009.
- Lobäch, B. (1981). *Diseño industrial. Bases para la configuración de los productos industriales*. (Trad. Utgés, J). España: Editorial Gustavo Gili, S.A. (Original en alemán, 1976).
- Macdonald, A. (2001). *The scenario of sensory encounter: Cultural Factors in Sensory-Aesthetic Experience*. En Green, W.S. & Jordan, P.W. (Eds.), *Pleasure with products: beyond usability* (113-124). Reino Unido: Taylor & Francis.
- Mendoza, G. (2010). *Naturación de azoteas*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/artsustentabilidad.htm>
- Morris, G.C. & Maisto, A. (2005). *Introducción a la Psicología*. México: Pearson Educación.
- Naciones Unidas. (1997). *Cumbre de la Tierra +5*. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm>
- Norman, D. (2005). *Diseño emocional*. (Trad. de Meler, F.). España: Paidós Ibérica, S.A. (Original en inglés, 2004).
- Norman, D. & Verganti, R. (2013). *Incremental and Radical Innovation: Design Research vs.*

- Technology and meaning change*. Design Issues, 30(1), 78-96.
- OECD. (s.f.). *Environment: Act now or face costly consequences, warns OECD*. Recuperado de <http://www.oecd.org/newsroom/environmentactnoworfacecostlyconsequenceswarnsoecd.htm>
- Palerm, J. (2000) *Guidelines for Making and Assessing Environmental Claims*. Recuperado de [http://ec.europa.eu/consumers/cons\\_safe/news/green/guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/consumers/cons_safe/news/green/guidelines_en.pdf)
- PE international. (2013). *GaBi Product Sustainability Software*. Recuperado de: [http://www.gabi-software.com/uploads/media/GaBi\\_PSP\\_suite\\_01.pdf](http://www.gabi-software.com/uploads/media/GaBi_PSP_suite_01.pdf)
- Pheasant, S. (1996). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work* (2<sup>a</sup> ed.) Londres: Taylor & Francis.
- Piñuel, J. (2002). *Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido*. Estudios de Sociolingüística. 3(2), 1-42.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). *GEO 5, Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Recuperado de [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_es.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_es.pdf)
- Proplastics. (2006). *Guide to Materials*. Recuperado de <http://www.proplasticsinc.com/materials.html>
- Pujana, I. (2012) *Patrick Blanc: El Jardinero Fiel*. Recuperado de <http://www.lanacion.com.ar/1512735-patrick-blanc-el-jardinero-fiel>
- QFD Online (2010). *QFD Template download*. Recuperado de <http://www.qfdonline.com/templates/3f2504e0-4f89-11d3-9a0c-0305e82c2899/>
- Quickparts. (s.f.). *Plastic Resin Chart*. Recuperado de <http://injectionmolding.blog.quickparts.com/files/2012/11/Plastic-Resin-Chart.pdf>
- Real Academia Española. (2013). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado de <http://buscon.rae.es/drae/>.
- Reza, H., Kazemi, M. & Allah, A. (2014). *Environmental Psychology in Architecture and Urban Design*. Research Journal of recent sciences.3(5), 161-120. Recuperado de: <http://www.isca.in/rjrs/archive/v3/i5/17.ISCA-RJRS-2013-662.pdf>
- Rodríguez Morales, L. (1997). *Técnica para el Análisis Comparativo de Productos*. En Técnica para el Análisis Comparativo de Productos (13-17). México: Universidad Iberoamericana.
- Rodríguez Morales, L. (2004). *Los esquemas configuradores de la forma en la modernidad*. En Diseño: estrategia y táctica. (63- 78) México: Siglo XXI editores.

- Ruggles, R., Phanse, A. & Linder, B.(s.f.). *Guide to sustainable design*. Recuperado de [http://www.solidworks.com/sustainability/images/content/sustainability/Guide\\_to\\_Sustainable\\_Design.pdf](http://www.solidworks.com/sustainability/images/content/sustainability/Guide_to_Sustainable_Design.pdf)
- Schiffmann, L. & Lazar, L. (2010) *Comportamiento del consumidor*. (10ª ed.) México: Prentice Hall
- Secretaría de Economía. (2015). *Catálogo Mexicano de Normas*. Recuperado de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>
- SERMARNAT. (2012). *Superficie de áreas verdes per cápita*. Recuperado de [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores\\_ilac12/04\\_sociales/4.1.3.1.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores_ilac12/04_sociales/4.1.3.1.html)
- Sistema Integral de Administración Minera. (2011). *Clasificación de los Diferentes Tipos de Normas Oficiales Mexicanas*. Recuperado de [http://www.siam.economia.gob.mx/work/models/siam/posicionamiento/articulos\\_posicionamiento/Clasificaci%C3%B3n%20de%20los%20diferentes%20tipos%20de%20normas%20oficiales%20mexicanas.pdf](http://www.siam.economia.gob.mx/work/models/siam/posicionamiento/articulos_posicionamiento/Clasificaci%C3%B3n%20de%20los%20diferentes%20tipos%20de%20normas%20oficiales%20mexicanas.pdf)
- Tellez, O; Reyes, M. & Dávila, P. (s.f.) *Guía ecoturística. Las plantas del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Manuscrito enviado para publicación.
- Ulrich, K. & Eppinger, S. (2009). *Diseño y Desarrollo de Producto*. México: Mc. Graw Hill.
- Urbanarbolismo (s.f.) *Comparación de sistemas constructivos de jardines verticales*. Urbanarbolismo. Recuperado de <http://www.urbanarbolismo.es/blog/?p=1771>
- Verde 360°. (s.f.). *Verde 360°*. Recuperado de <http://www.verde360.com.mx/murovivo.php?lang=es>
- Verdtical. (2013). *Verdtical*. Recuperado de <http://www.verdtical.com>
- Vergheze, K., Grant, T. & Horne, R. (2009). *The development of Life cycle assessment methods and applications*. En Horne, R; Grant, T. Vergheze, K. Life cycle assessment.Principles, practies and prospects (9-21). Ausralia: Csiro Publishers.
- Vertical Garden Design. (2013). *How it works*. Recuperado de <http://www.verticalgardendesign.com/how-it-works>
- Viñolas Marlet, J. (2005) *Sostenibilidad, empresa ecológica y producto ecológico*. España: Blume.
- Wayne, W.D. (1988). *Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación*. Colombia: Mc. Graw Hill.
- Williamson, T., Radford, A. & Bennetts, H. (2002). *Understanding Sustainable Architecture*. EE.UU: Spon Press.