



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

"HORTICULTOR HIDROPÓNICO URBANO"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTA:

**PEDRO ANTONIO ARROYO AGUILAR**

Y QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERA MECATRÓNICA**

PRESENTA:

**FERNANDA LÓPEZ ESPARZA**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ ZAYAS



MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Índice

Capítulo 1: Introducción .....	1
1.1 Agricultura urbana, hidroponía y fertirrigación .....	4
1.2 Sustentabilidad e innovación .....	5
1.3 Ingenierías Mecánica y Mecatrónica .....	6
Capítulo 2: Objetivos.....	7
2.1 Objetivos generales.....	7
2.2 Alcances .....	7
Capítulo 3: Antecedentes y definición del problema .....	8
3.1 Contexto .....	8
3.2 Estado del arte .....	10
3.3 Planteamiento del problema y justificación.....	14
Capítulo 4: Metodología.....	17
Capítulo 5: Identificación de las necesidades .....	20
5.1 Acerca del Usuario.....	20
5.2 Acerca del Cultivo.....	23
5.2.1 <i>Requerimientos básicos para las plantas</i> .....	23
5.2.2 <i>Elementos básicos de los sistemas de hidroponía</i> .....	25
Capítulo 6: Elaboración de marcos de referencia .....	26
6.1 Escenarios.....	26
6.2 Actividad, Entorno, Interacción, Objeto, Usuario (AEIOU).....	29
6.3 Lluvia de ideas.....	30
Capítulo 7: Imperativos .....	34
7.1 Tamaño del mercado .....	36
7.2 Árbol de objetivos .....	36
7.3 Diagrama de funciones.....	36
Capítulo 8: Soluciones y diseño conceptual .....	39
8.1 Soluciones .....	39
8.2 Diseño conceptual .....	41
Capítulo 9: Modelo de negocios .....	46
10.1 Resultados.....	55
10.2 Conclusiones .....	59
10.3 Trabajo a futuro .....	60
Anexos.....	63
A. Agricultura urbana .....	63
B. Hidroponía.....	66
C. Fertirrigación .....	68
D. Resultados seleccionados de la ENIGH 2012 .....	70
E. Criterios de selección de elementos y componentes .....	75
Bibliografía.....	80



# Capítulo 1: Introducción

La pirámide de Maslow muestra una jerarquía de necesidades humanas y defiende que conforme se satisfacen las necesidades básicas, los seres humanos desarrollan necesidades y deseos más elevados. En ésta se puede ver que la base del bienestar personal comienza por cubrir las necesidades básicas y de seguridad. Las necesidades básicas son las fisiológicas: respirar, beber agua y alimentarse, dormir, descansar, etc. Las necesidades de seguridad y protección incluyen seguridad física y de salud, seguridad de empleo, de ingresos, de recursos y de propiedad privada.

Si bien no existe una definición consensuada del concepto de hambre, los documentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), lo utilizan para describir diferentes problemáticas, incluida también la de seguridad alimentaria. De acuerdo con esta organización, la seguridad alimentaria ocurre cuando todas las personas tienen en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, a fin de llevar una vida activa y sana.

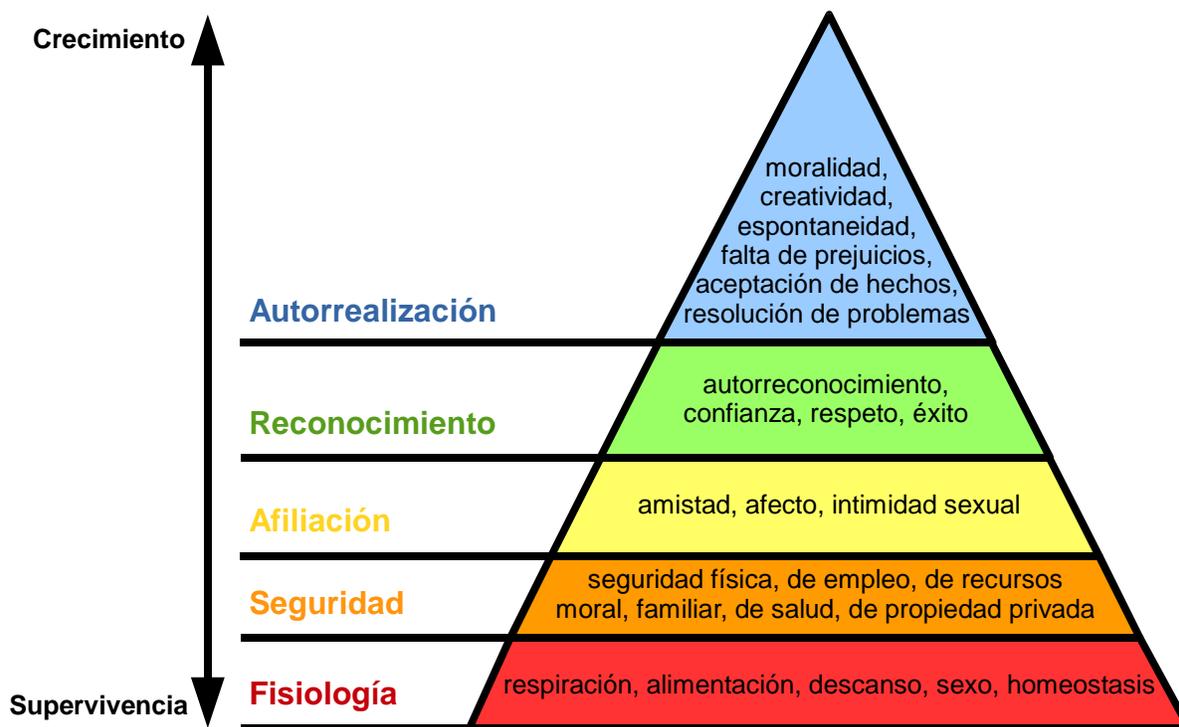


Figura 1.1 Pirámide de Maslow (1943)



Figura 1.2 Problemáticas que incluye el concepto de hambre

En México, la medición multidimensional de la pobreza se aproxima al concepto de seguridad alimentaria a través de la Escala Mexicana de Seguridad Alimentaria, definiendo la carencia de acceso a la alimentación como aquellas personas con inseguridad alimentaria moderada o severa.

La soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población (necesidad fisiológica). La competencia desleal entre productores en el país, ha provocado una caída en la rentabilidad y un crecimiento sostenido en la pobreza, migración, deterioro del entorno natural,

carestía, hambre, desnutrición, obesidad y sobrepeso.

Es imposible separar el crecimiento económico del medio ambiente, así como el hecho de que muchas formas de desarrollo deterioran los recursos naturales de los cuales dependen y al mismo tiempo, este deterioro puede afectar el desarrollo económico. La pobreza es tanto causa como efecto de los problemas ambientales globales, y por tanto, es inútil resolver los problemas ambientales sin una perspectiva amplia que abarque los factores detrás de la pobreza y la desigualdad. La agricultura urbana puede formar parte de una solución a estos problemas si se incluye la horticultura (cultivo de hortalizas) en los programas de desarrollo social y económico; representa una fuente constante de alimentos de alto valor

nutritivo para las personas que se benefician de ella, disminuye el gasto por vivienda en el rubro de alimentos y emplea técnicas orgánicas o hidropónicas que permiten un mejor manejo de los recursos empleados en los procesos (Figura 1.3).

Además, el cambio climático está siendo agravado por la contribución humana para satisfacer sus requerimientos energéticos por medio de la combustión de materiales fósiles y orgánicos que generan, entre otras cosas, la deforestación de grandes extensiones, con lo que el problema se agudiza al disminuir una fuente natural de captura del bióxido de carbono. Los conocimientos y recursos en materia de ciencia, ingeniería y tecnología deben utilizarse para satisfacer las necesidades humanas básicas, reducir la pobreza y lograr el desarrollo sustentable.

El concepto de sustentabilidad promueve una nueva alianza con la naturaleza, buscando equilibrar las necesidades humanas con la capacidad de carga del planeta para proteger a las generaciones futuras. La sustentabilidad del agua, por ejemplo, incluye la conservación de sus fuentes, la lluvia, acuíferos, lagos y ríos, los bosques, la energía para manipularla, la agricultura, la ganadería y por tanto por la alimentación, por la urbanización y por la industria. No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a



la velocidad que se requiere.



*Figura 1.3 Modelos ejemplo de agricultura urbana*

La tecnología sustentable es aquella que tiene un comportamiento que está dentro de los límites de la sustentabilidad o contribuye a que se alcancen dichas condiciones. Sus interacciones con la sociedad, la economía, el medio ambiente, y otras tecnologías, deben tener el menor impacto nocivo posible. La sustentabilidad técnica se puede fundamentar en la infraestructura tecnológica existente compatible, es decir, que el sistema tecnológico preexistente sea adecuado y que exista el capital humano capacitado para utilizar y operar adecuadamente dicha tecnología.

La domótica puede verse como la aplicación sustentable de la ingeniería mecatrónica hacia casas habitación, con respecto a controlar las condiciones que existen en ellas, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas. Supone una gestión inteligente de la vivienda que, en la mayoría de los casos, se traduce en una disminución del gasto en electricidad, agua y combustibles como el gas. Controla y automatiza los sistemas de iluminación, climatización, agua caliente, riego e,

incluso, el funcionamiento de los electrodomésticos y el movimiento de las persianas. En este proyecto se busca adaptar un dispositivo que automatice el proceso de cultivo de hortalizas a la vivienda (agricultura urbana). Este dispositivo debe proveer a los habitantes de la misma, cierta cantidad de hortalizas según las cantidades sugeridas para una dieta balanceada, promoviendo la satisfacción de las necesidades de confort y la salud, y por tanto una mejora en la calidad de vida del usuario.

La inseguridad y pobreza que vivimos actualmente es indicador de que las necesidades básicas de un alto porcentaje de la población no están siendo cubiertas y siendo un país rico en recursos naturales, tenemos una gran oportunidad de innovar para elevar la calidad de vida de la población de manera sustentable.

Satisfacer la demanda alimentaria de la población en México bajo esquemas sustentables y con racionalidad en el proceso, se facilita y hace más eficiente aprovechando los avances tecnológicos aplicando sistemas domóticos de agricultura urbana en las viviendas.

### 1.1 Agricultura urbana, hidroponía y fertirrigación

La agricultura urbana es una técnica creada para ciudades como alternativa de producción y distribución de alimentos (especialmente hortalizas, horticultura), que aprovecha los recursos locales disponibles (desechos reutilizables, agua, espacios etc.) para generar productos de autoconsumo; aportando además a la soberanía alimentaria de nuestro país.<sup>1</sup>

1 Anexo A: Agricultura urbana.

La hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra. Emplea diversas técnicas de riego y fertilización.<sup>2</sup>



Figura 1.4 Representación gráfica de domótica



Figura 1.5 Sistemas de gestión empleados comúnmente en la domótica

2 Anexo B: Hidroponía.

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, a través del sistema de riego.<sup>3</sup>

## 1.2 Sustentabilidad e innovación

El concepto de sustentabilidad promueve una nueva alianza con la naturaleza, buscando equilibrar las necesidades humanas con la capacidad de carga del planeta para proteger a las generaciones futuras.

"La innovación es la introducción de nuevos productos y servicios, nuevos procesos, nuevas fuentes de abastecimiento y cambios en la organización industrial, de manera continua, y orientados al cliente, consumidor o usuario" (J.A. Schumpeter). Para llegar a una solución realista e innovadora a una necesidad, se debe reflexionar desde la perspectiva local, tomando en consideración las necesidades nacionales, estableciendo prioridades, analizando las consecuencias que tendría en el mediano y largo plazo particularmente sobre el ambiente, pero también en la economía y la sociedad.

Mediante la incorporación de sistemas domóticos en una vivienda se pueden gestionar inteligentemente la iluminación, temperatura, ventilación, agua y riego, aprovechando mejor los recursos naturales mientras se gana en confort y seguridad. Este tipo de sistemas reducen las tareas del usuario en casa, y mediante el monitoreo de los consumos, el usuario final conoce el gasto energético de su hogar (información necesaria para modificar sus hábitos e incrementar su ahorro y

eficiencia), y su intervención es únicamente para ajustar y aprovechar los aportes de los mismos.



Figura 1.6 Agricultura urbana



Figura 1.7 Hidroponía empleando fertirrigación



Figura 1.8 Relación de los conceptos involucrados en la sustentabilidad

<sup>3</sup> Anexo C: Fertirrigación.

### 1.3 Ingenierías Mecánica y Mecatrónica

La Ingeniería Mecánica abarca conocimientos en matemáticas, química, física, métodos numéricos y computación, aplicados en las áreas de diseño mecánico, manufactura, energía y tecnología de materiales. Proporciona a la sociedad herramientas y bienes que le permiten aprovechar los recursos naturales para satisfacer las necesidades materiales y sociales del hombre.

La Ingeniería Mecatrónica es la integración sinérgica de la ingeniería mecánica con la electrónica y control inteligente, en el diseño y fabricación de productos y procesos industriales; en su actuación profesional, desarrolla las competencias para diseñar, mantener y automatizar dispositivos y sistemas, a través de la integración de conocimientos y tecnologías de la mecánica, electrónica, eléctrica, control y sistemas informáticos.

Tanto la Ingeniería Mecánica como la Mecatrónica, tienen una importante influencia en la sustentabilidad, al contribuir de forma clara a la calidad de vida de las personas. Contribuyen a la transformación económica, social y ambiental de nuestra época, desarrollando nuevas tecnologías y técnicas que apoyen el crecimiento y promuevan el desarrollo sustentable, para cumplir con los retos en energía, medio ambiente, alimentación, vivienda, agua, transporte, seguridad y salud.

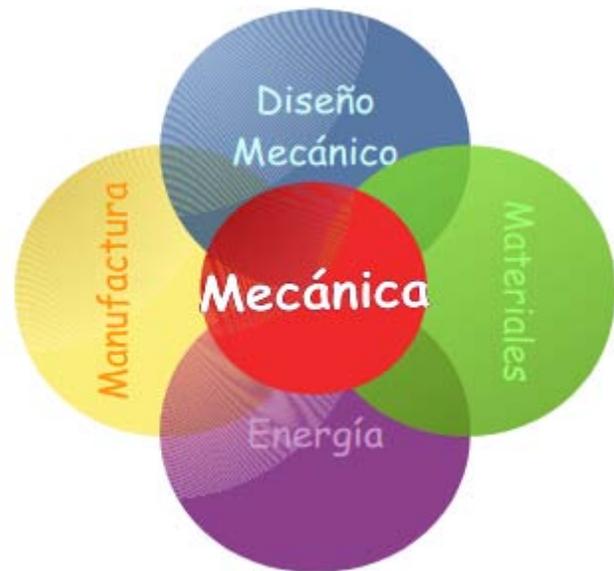


Figura 1.9 Áreas que componen la mecánica

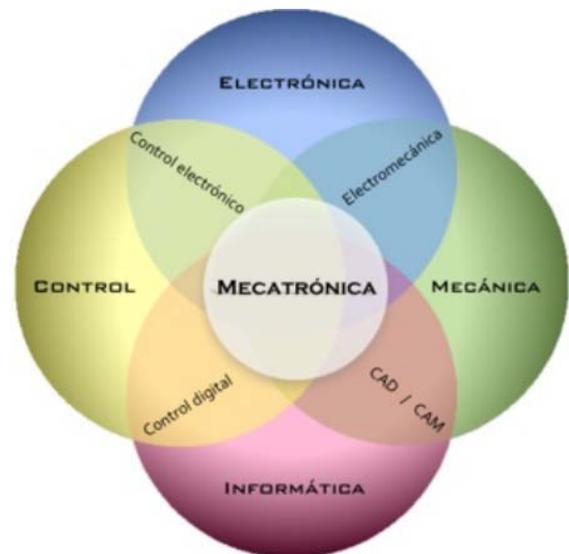


Figura 1.10 Áreas que componen la mecatrónica

## Capítulo 2: Objetivos

En este capítulo se abarcan tanto los objetivos generales del proyecto como sus alcances. En el Capítulo 7 se definen objetivos más específicos, enfocados al diseño del producto centrado en el usuario.

### 2.1 Objetivos generales

Haciendo un análisis de lo mencionado en el capítulo anterior, se plantearon los siguientes objetivos generales:

- Proponer un sistema automático que optimice el proceso de la producción de alimentos agrícolas (horticultura) de autoconsumo de las familias en los hogares de la Ciudad de México.
- Complementar la dieta de los usuarios como consecuencia del uso adecuado de la propuesta aquí presentada para ayudar a satisfacer la necesidad de alimentación, la cual es de las necesidades básicas que se tienen que cubrir para el bienestar personal.
- Proporcionar medios para mejorar de forma considerable la calidad de vida de quien lo disfrute, sin importar la edad o condición del usuario.
- Aprovechar los recursos disponibles de manera eficiente y sustentable, para evitar el desperdicio o mal manejo de los mismos.
- Fomentar el contacto y la relación entre el usuario, sus cultivos y la naturaleza.



### 2.2 Alcances

Este trabajo presenta una propuesta de diseño de un producto electrodoméstico automático para la producción de hortalizas en el interior de las viviendas. El proceso de diseño se limita a la ilustración de su ensamble y funcionamiento, junto con un listado de componentes comerciales que se podrían emplear. Con este listado, y considerando otros parámetros de costos, se hace un cálculo aproximado de la inversión inicial necesaria para hacer de su producción un negocio rentable. Se considera el espacio disponible en las viviendas, el número de personas que las habitan, su gusto en hortalizas y que debe regular las variables que éstas necesitan para su óptimo desarrollo, como son temperatura, ventilación e iluminación, así como la cantidad y calidad del agua de riego, para que se produzcan alimentos de calidad y con sabor agradable.

## Capítulo 3: Antecedentes y definición del problema

En este capítulo se resumen los temas más relevantes del contexto en el que se está desarrollando este proyecto, el estado del arte de las soluciones que se han propuesto a los problemas identificados, así como la definición y la justificación del problema a resolver.

### 3.1 Contexto

En México se encuentra representada 12% de la diversidad terrestre del planeta, por lo que se encuentra dentro del selecto grupo de países llamados “megadiversos”; produce una amplia variedad de productos agrícolas; destaca a nivel mundial en la producción de minerales como plata, cobre, bismuto, arsénico, plomo y zinc, sin tener que mencionar el petróleo; y posee una gran variedad de recursos naturales que favorece el desarrollo de un alto número de actividades productivas, incluyendo las relacionadas con la generación de energías renovables (eólica, hidroeléctrica y geotérmica).



*Figura 3.1 México califica como un país megadiverso*

Cuenta también con una población aproximada de 112 336 538 habitantes, de los cuales 8 851 080 viven en la capital del país, donde se tiene un total de 2 453 031 viviendas particulares habitadas con un promedio de 3.6 ocupantes. Se considera que una región se encuentra bajo estrés hídrico cuando su agua renovable es igual o menor a 1 700 m<sup>3</sup>/hab/año. La región del Valle de México es la que mayor población concentra del país y la que dispone de menor cantidad de agua renovable. Se espera que para 2030 el agua renovable per cápita disminuya a 148 m<sup>3</sup>/hab/año, a pesar de contar con infraestructura suficiente para cubrir el 97.2% de drenaje y el 96.5% de abasto de agua potable.

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), 2012, refleja que alrededor del 34% del gasto monetario trimestral se destina a alimentos, bebidas y tabaco, y de este porcentaje, cerca del 11% corresponde a verduras, legumbres, leguminosas y semillas. Además, comparando la proporción del gasto corriente monetario de la población de menor ingreso (decil I) con la de mayor ingreso (decil X), se observa que es prácticamente 2 a 1 en el rubro de alimentos, bebidas y tabaco, es decir, que mientras el decil I destina el 52.1% a dicho rubro, el decil X destina algo menos que la mitad (22.8%).

Según datos de la Secretaría de Salud de la Ciudad de México, la obesidad y el sobrepeso son el principal problema de Salud Pública en México, pues nuestro país es el primer lugar mundial en niños con obesidad y sobrepeso, y segundo en adultos. La mala alimentación, el sedentarismo, la falta de acceso a alimentos nutritivos, son factores determinantes del sobrepeso y la obesidad.

## Mapa 4: Densidad de población

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. (INEGI, 2001c)

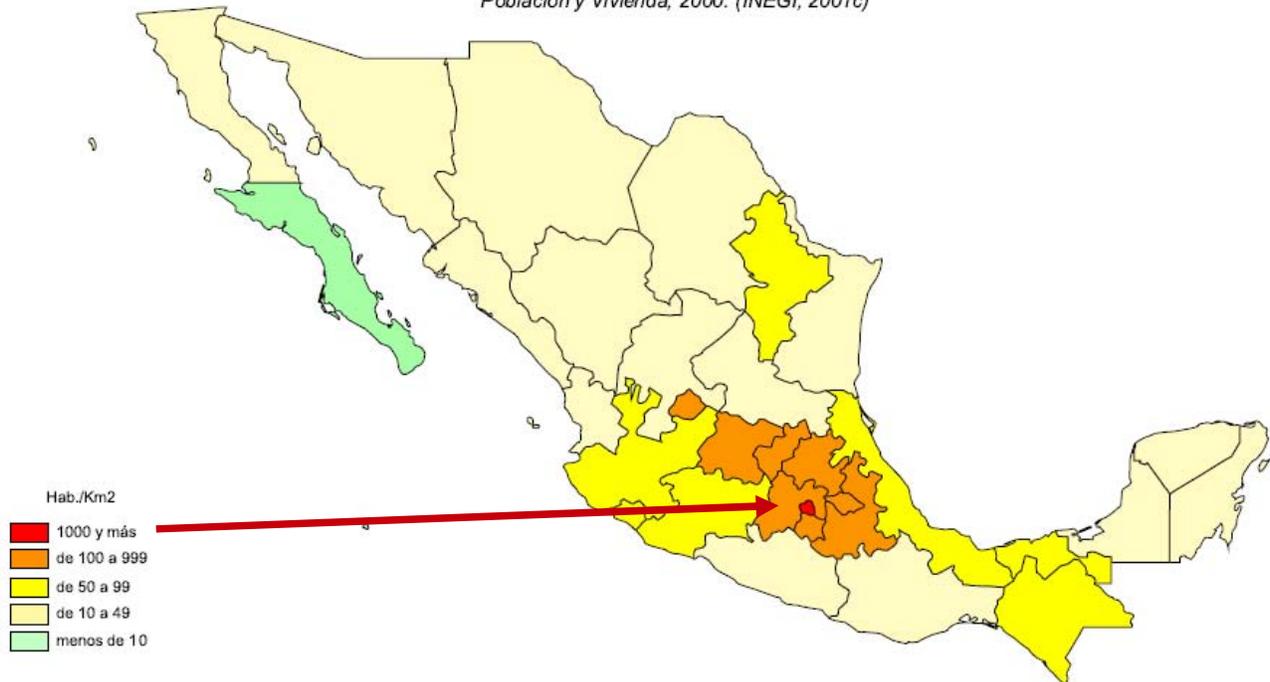


Figura 3.2 Densidad de población de México

En 2030 puede haber en América Latina 191 millones de obesos, según las últimas proyecciones del Banco Mundial, lo que supone un incremento del 300% con respecto a 2005. Una de las respuestas del gobierno, en su Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria, Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad, 2010, es aumentar el consumo de verduras y frutas, leguminosas, cereales de granos enteros y fibra en la dieta. En el libro “La obesidad en México”, académicos sugieren, entre otras cosas, subsidiar la producción y el consumo de frutas y verduras para hacerlos más accesibles.

Además, la obesidad, afección relacionada con la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, supone un problema no

sólo de salud, sino también económico y social.

México gasta 7% del presupuesto destinado a salud para atender la obesidad, es decir, un costo anual que ronda los 5 mil millones de dólares, de acuerdo a cifras como las de la Fundación Mídete, que estima que para el 2017 el costo puede duplicarse.

Una buena alimentación se ve reflejada directamente en el cuerpo humano, que puede compararse con una máquina que está siempre realizando complejas actividades, por lo que una alimentación equilibrada es el mejor combustible para mantener una buena salud.

Dentro de las recomendaciones para una alimentación correcta, se encuentra

incluir al menos un alimento de cada grupo en cada una de las tres principales comidas del día y comer muchas verduras y frutas, en lo posible crudas y con cáscara.

A primera vista puede parecer incongruente hablar de agricultura urbana cuando existen enormes extensiones agrícolas destinadas a la producción de alimentos. Sin embargo, la expansión de este peculiar tipo de agricultura, practicada dentro de las ciudades, o por ciudadanos urbanos en la periferia, es una realidad y camina a pasos agigantados, ya que disminuye las dificultades ocasionadas por el alza de los precios alimentarios que se produjo en 2007-2008 que golpeó fuertemente a la población pobre de los países en desarrollo.

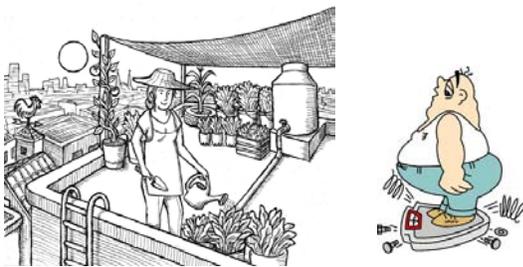


Figura 3.3 Mayor consumo de frutas y verduras como estrategia para combatir la obesidad



Figura 3.4 Plato del buen comer

### 3.2 Estado del arte

La evolución marca el ritmo de vida y las casas habitación tampoco pueden escapar de ella. La electricidad nos ha permitido elevar el nivel de confort en nuestras casas y ha dado paso a la entrada de electrodomésticos, máquinas capaces de realizar tareas cotidianas de forma casi autónoma, elevando nuestro nivel de confort a cotas en otro tiempo inimaginables. Estas máquinas no existirían sin el desarrollo de una nueva evolución: la electrónica, permitiendo realizar rutinas por medio de programaciones, que regulan cada proceso. La siguiente evolución que ha llegado es la domótica, que se encarga de la integración y regulación de ambos sistemas (eléctricos y electrónicos), de tal manera que "la casa" es capaz de "sentir" (detectar) y reaccionar por sí sola a los estímulos, al mismo tiempo que es capaz de comunicarse e interactuar con el usuario, llegando a elevadas cotas de confort, seguridad y, sobretodo, ahorro energético.

Los primeros países en entrar en el sector de la tecnología aplicada al hogar fueron Estados Unidos y Japón en la década de los 80. Desde entonces, cada país ha desarrollado de forma distinta esta nueva tecnología, dependiendo tanto de la potencia de su industria tecnológica y de telecomunicaciones, como de las necesidades específicas que quisiera cubrir. La domótica se ha implantado desde hace décadas, pero desde que se creó el Internet, mediante las tecnologías inalámbricas Wi-Fi y sus redes, los hogares pueden comunicarse de manera directa y sencilla con sus habitantes.

Actualmente las investigaciones enfocan sus esfuerzos a una gran diversidad de aplicaciones como nunca se

hubiera podido predecir cuando la domótica inició décadas atrás. Por ejemplo, en el Instituto Politécnico de Nueva York, se han juntado los departamentos de ingeniería para desarrollar el modelado y control de un sistema lumínico personalizable; en el Politécnico de Turín, Italia, se cuenta con el desarrollo de una máquina inteligente capaz de intercambiar información del consumo energético en ambientes domóticos y un Emulador Inteligente de Ambientes Domóticos, que simula y modela el diseño completo de un edificio previo a su construcción; en la Universidad del País Vasco se desarrolló una casa energéticamente autosustentable basada en estrategias de diseño pasivas; y en el Instituto de Ciencias Computacionales y Matemáticas de la Universidad de Groningen en Holanda, han enfocado sus esfuerzos en el desarrollo de edificios inteligentes basados en la actividad del usuario.



Figura 3.5 Maison Equipée, Italia. Hogar equipado con diversos dispositivos domóticos

Desafortunadamente nuestro país se ha quedado muy rezagado en este tema aún teniendo el ejemplo de otros países y de los resultados obtenidos por la implementación de los sistemas domóticos. La poca importancia y recursos que se asignan al desarrollo tecnológico, acarrea

## REZAGO DE INVESTIGADORES EN MÉXICO

La creación de plazas para investigadores por parte del Conacyt pretende transformar el sector científico y tecnológico del país, pero al compararse con otros países, presenta un rezago.



Figura 3.6 Rezago de investigadores en México

años de retraso en una infinidad de mejoras y avances de los cuales no podemos gozar y no podemos tener beneficios. Los esfuerzos aislados por parte del sector privado son complicados de aterrizar si el desconocimiento de los beneficios es general y si no se tiene claro que se desaprovecha una gran oportunidad de ahorro y mejora.

El debate sobre cómo hacer que las ciudades sean más sustentables, ha dejado claro que crear conciencia en los ciudadanos y la adecuada aplicación de la tecnología, tienen un papel fundamental y por esto, en este aspecto, deben caminar juntas y de forma unívoca.

Los invernaderos son estructuras de diversas formas y tamaños que tienen la capacidad de generar condiciones de temperatura y humedad ideales para cultivar plantas durante el invierno, o en sectores donde las condiciones climáticas son muy adversas. En la antigüedad, no existían invernaderos como los conocemos hoy día aunque sí se conocían diferentes prácticas para cultivar hortalizas y flores fuera de temporada.

En la actualidad se ha generalizado en todo el mundo agrícola el uso de los invernaderos y su tecnología, que va desde los de manejo manual hasta los que disponen de sofisticados sistemas automatizados, como es el caso de los invernaderos holandeses que llevan la punta de la tecnología. En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de éstos se consideran de baja y media tecnología, en función de si manejan:

- Tecnología baja: es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivo a intemperie.

- Tecnología media: corresponde a estructuras modulares o en batería que están medio climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.
- Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo). Son acondicionados con mecanismos y equipos necesarios para controlar temperatura, luminosidad, humedad ambiental y del sustrato, ventilación, aireación, aporte de CO (monóxido de carbono), riegos y fertilización. Con esto se ha logrado aumentar los rendimientos agrícolas a niveles superiores a los alcanzados en campo abierto mediante cualquiera de los sistemas de producción tradicional de la agricultura mecanizada.



*Figura 3.7 Invernadero que cuenta con sistemas automatizados*

Así entonces, de la misma forma en que se controlan las condiciones en los grandes invernaderos para obtener más y mejores cultivos, y en el hogar para aumentar nuestro confort, se pueden controlar las

mismas de los pequeños huertos que hagamos en casa para autoconsumo, y así mejorar nuestra calidad de vida de forma integral en las viviendas.

Existen ya muchos proyectos, desarrollo e investigación del tema alrededor del mundo. Un ejemplo es el llevado a cabo en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (ECI) que busca hacer de la tecnología un aliado del sector agroindustrial, trabajando en un proyecto de agricultura urbana que hará más fácil el cuidado de cultivos con posibilidades de controlar las variables que los puedan afectar. Requiere de espacios en el exterior de la vivienda (patios o jardines).

Otro ejemplo a destacar es el proyecto llamado “Hedron Globe” (Globo Hedron), desarrollado por la oficina suiza con base en Zurich, Urbanfaners AG, en conjunto con Conceptual Devices. El proyecto consiste en un invernadero geodésico que se apoya en la parte superior de los techos planos de los edificios de las zonas urbanas.

El diseñador holandés Daniel Schipper creó un invernadero plegable, en el que tanto el techo como la base están hechas de plástico reciclado, y se aplana sin complicaciones para su almacenamiento. Su forma y tamaño permiten colocarlo en el interior de la vivienda, en un balcón o la azotea, sólo necesita ser desplegado en un lugar con luz y un poco de agua para comenzar a funcionar.

Las unidades de The Urban Cultivator son otro ejemplo de lo que se encuentra actualmente ya en el mercado. Éstas son sistemas de cultivo automatizados, disponibles ya sea en una versión casera (aproximadamente del

mismo tamaño que un lavavajillas) o una versión comercial (similar en tamaño a un congelador comercial en posición vertical), que pueden ser utilizadas para germinar y crecer hierbas u otros vegetales con un mínimo mantenimiento.



*Figura 3.8 Proyecto propuesto por la ECI Julio Garavito*



*Figura 3.9 Hedrón Globe, Urbanfaners AG, Holanda*

Hay varias empresas más que están dedicando sus esfuerzos a este tipo de proyectos para interiores, no todos automatizados; sin embargo, no hemos encontrado ninguna mexicana que esté desarrollando algo similar todavía. Las imágenes a continuación muestran iniciativas que se han propuesto en otros países.

El reconocimiento de imágenes juega un papel muy importante para analizar cultivos. Las gafas conocidas mundialmente como "Google Glass", son una nueva herramienta que puede tener al instante una gran cantidad de información, por ejemplo sobre las plagas y enfermedades, que pueden identificarse durante un rápido análisis del invernadero, permitiendo una mayor precisión al definir y llevar un registro del rendimiento del cultivo.

Ejemplos como los mencionados son sólo una muestra de la extensa lista de proyectos y empresas enfocadas a la automatización de sistemas de agricultura urbana. Sin embargo, en México los proyectos realizados hasta ahora no han tenido el apoyo suficiente para continuar su desarrollo e investigación, mucho menos su implementación y comercialización. La mayoría de los estudios realizados, se enfocan a la agricultura urbana en exterior, son pocos los realizados para interiores.



*Figura 3.10 The Urban Cultivator, germina y crece hierbas y vegetales con un mínimo de mantenimiento*



*Figura 3.11 Invernadero plegable de Daniel Schipper, Holanda*



*Figura 3.12 Google glass pueden tener aplicación en el cuidado de cultivos*

### **3.3 Planteamiento del problema y justificación**

Todo lo que necesitamos para nuestra supervivencia y bienestar depende, directa o indirectamente, del medio ambiente. La sustentabilidad crea y mantiene las condiciones en que los seres humanos y la naturaleza pueden existir en armonía productiva, que permitan el acceso a satisfactores sociales, económicos y otros, para las generaciones presentes y futuras.

En la actualidad más del 60% de la población mundial vive en ciudades. Lo cual implica una explotación excesiva de los recursos naturales, un aumento acelerado de la demanda de alimentos, energía y agua, además de un incremento de la contaminación atmosférica y de los cuerpos de agua (lagos, ríos y mares), mayor contaminación de suelos, erosión y deforestación, sin olvidar la generación alarmante de residuos sólidos y peligrosos. La presión que las ciudades ejercen sobre el entorno natural es enorme, rompiendo ecosistemas y disminuyendo la diversidad biológica.

Un fuerte problema a nivel mundial, es el de la alimentación y no porque no alcancen los alimentos, sino porque existe una mala distribución de ellos. Los índices de emigración de las personas de zonas rurales hacia las ciudades, alcanzan en América Latina alrededor de un 75% para el 2020. Con esto, las demandas de alimentos, especialmente los hortícolas, van en crecimiento continuo. Ante este panorama, se ha desarrollado la producción de alimentos en las zonas urbanas. Satisfacer la demanda alimentaria de la población, bajo esquemas sustentables y con racionalidad en el proceso, es de vital importancia para el futuro de la humanidad.

### GRADO DE URBANIZACIÓN POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2000

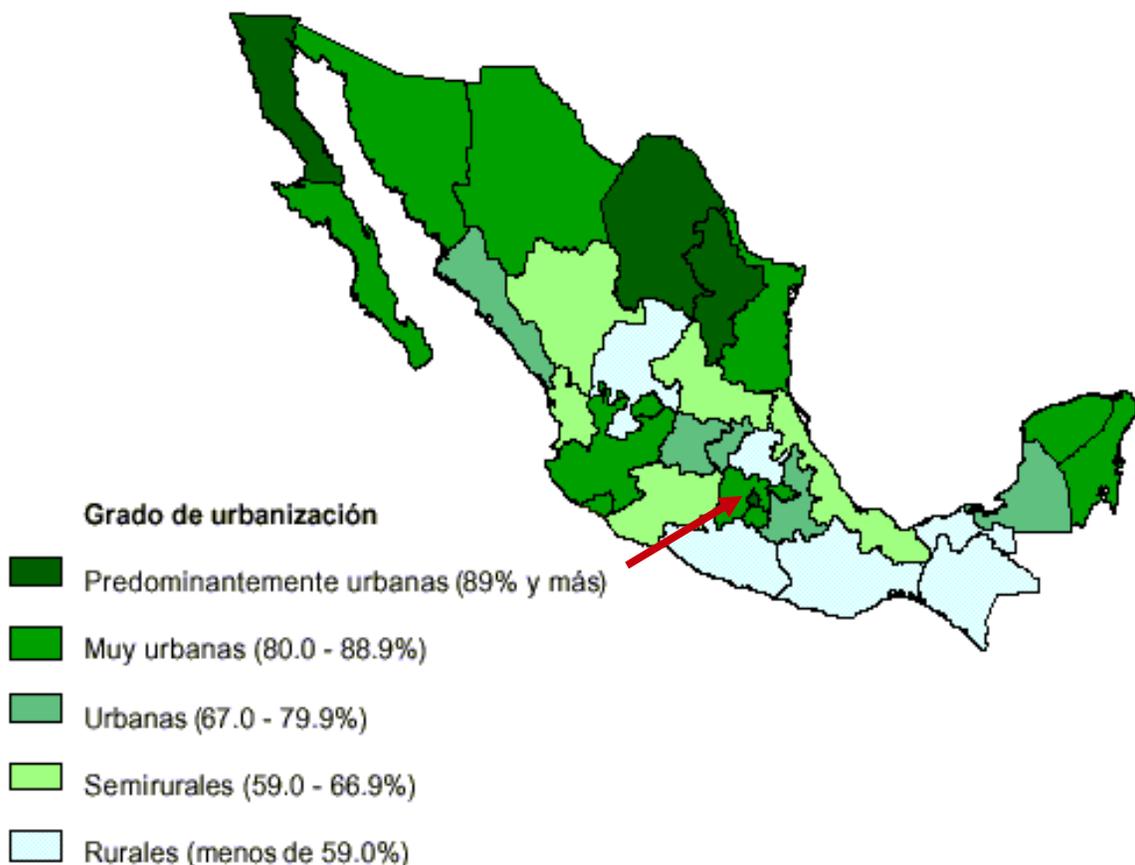


Figura 3.13 Grado de urbanización en México



Figura 3.14 Representación de la escasez debida a una mala distribución de los alimentos

Esto nos señala la necesidad de buscar alternativas para crear ciudades sustentables, haciendo de suma importancia encontrar nuevas y mejores formas de aprovechar todos los recursos de los que estamos rodeados.

Domótica no es un término que escuchemos muy a menudo en América Latina, es una de esas capacidades tecnológicas que parecen muy lejanas para el típico consumidor latinoamericano y la percepción es que sólo gente adinerada puede automatizar sus casas. Los primeros productos comenzaron a venderse a los consumidores alrededor de 1989, y a la fecha, estos sistemas han bajado sus precios aunque todavía mantienen un precio elevado. Un hogar inteligente aumenta de forma significativa la calidad de vida de quien lo disfruta, y el ahorro de agua, electricidad y gas que consigue, hace que esta inversión se amortice en pocos años al gestionar eficientemente el uso de la energía.

La domótica permite dar respuesta a los requerimientos que plantean los cambios sociales y las nuevas tendencias de nuestra forma de vida, facilitando el diseño de casas y hogares más humanos, más personales y flexibles. Evidentemente tiene potencial para aplicarse a innumerables usos relacionados con el confort, algunos más superfluos, otros más necesarios. Si nuestra vivienda además de proporcionarnos un ambiente confortable nos proporcionara alimento, tendríamos prácticamente cubiertas nuestras necesidades básicas.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se hace evidente la necesidad de empezar a manejar de manera sustentable los recursos de los que disponemos para elevar la calidad de vida de la población en nuestro país, empezando por satisfacer una de sus necesidades básicas: la alimentación.



Figura 3.15 Ciclo sustentable para elevar el nivel de bien estar de la población

## Capítulo 4: Metodología

El crecimiento de los mercados en todos los sectores, ha generado el incremento de la competencia. Esto se debe a que la mayoría de los comercios ofrecen una gran variedad de productos, lo cual amplía las posibilidades de elección del consumidor. Es por ello que las empresas deben poner atención a las necesidades y preferencias de sus clientes, para sobrevivir frente a una economía globalizada; y si se desea introducir un producto nuevo con éxito en el mercado, es un imperativo incluir al usuario en el proceso de su diseño.

La metodología utilizada es la del diseño centrado en el usuario (DCU), utilizando herramientas de innovación como es el pensamiento de diseño (Design Thinking) y la propuesta de Beckman y Barry.

El pensamiento de diseño se refiere a la expresión de la forma en que piensan los diseñadores, aplicada sistemáticamente al proceso de innovación y solución de problemas complejos. Se puede entender mejor como un sistema de espacios y no tanto como una serie de pasos a seguir. Los espacios marcan diferentes actividades relacionadas que en conjunto fomentan la innovación continua. Los proyectos de diseño pasan principalmente por tres espacios:

- Inspiración: Circunstancias que motiven la búsqueda de soluciones, por ejemplo, un problema, una oportunidad o ambas.
- Ideación: Proceso de generación, desarrollo y pruebas de las soluciones principales.

- Implementación: Gráficos que muestren el camino a seguir para poder competir en el mercado.

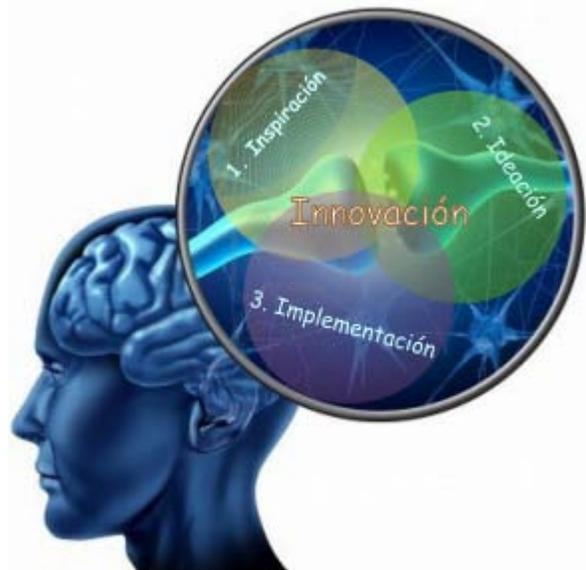


Figura 4.1 Pensamiento de diseño

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU), como filosofía de diseño, engloba o se relaciona con un heterogéneo conjunto de metodologías y técnicas que comparten un objetivo común: conocer y comprender las necesidades, limitaciones, comportamiento y características del usuario; involucrando en muchos casos a usuarios potenciales o reales en el proceso.

El DCU es una propuesta para la innovación de productos, la cual enfatiza en la participación del usuario durante todo el proceso de diseño, dando pie a encontrar posibles soluciones que no habían sido consideradas.



Figura 4.2 Diseño centrado en el usuario (DCU)

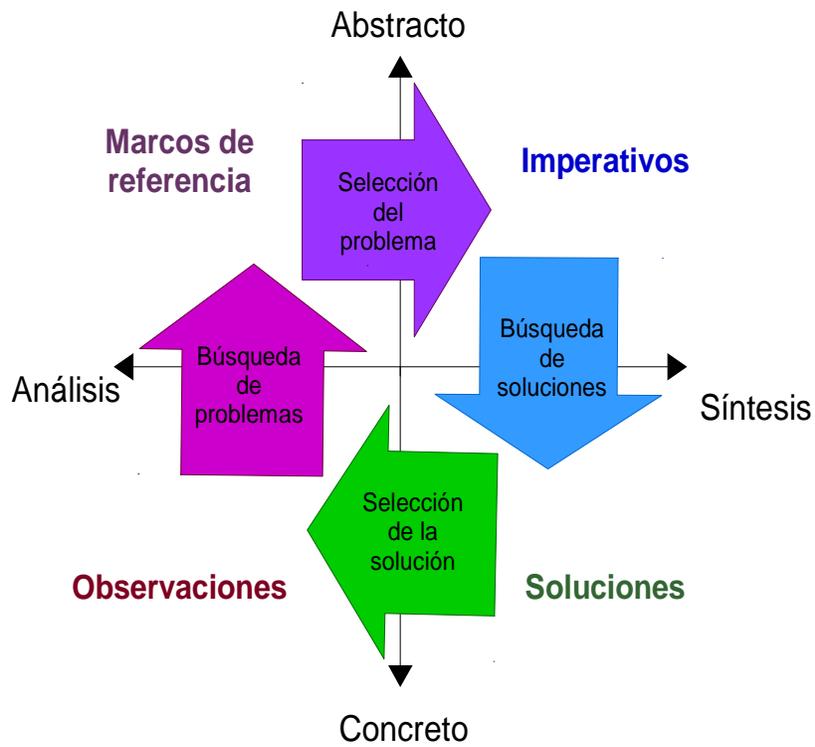
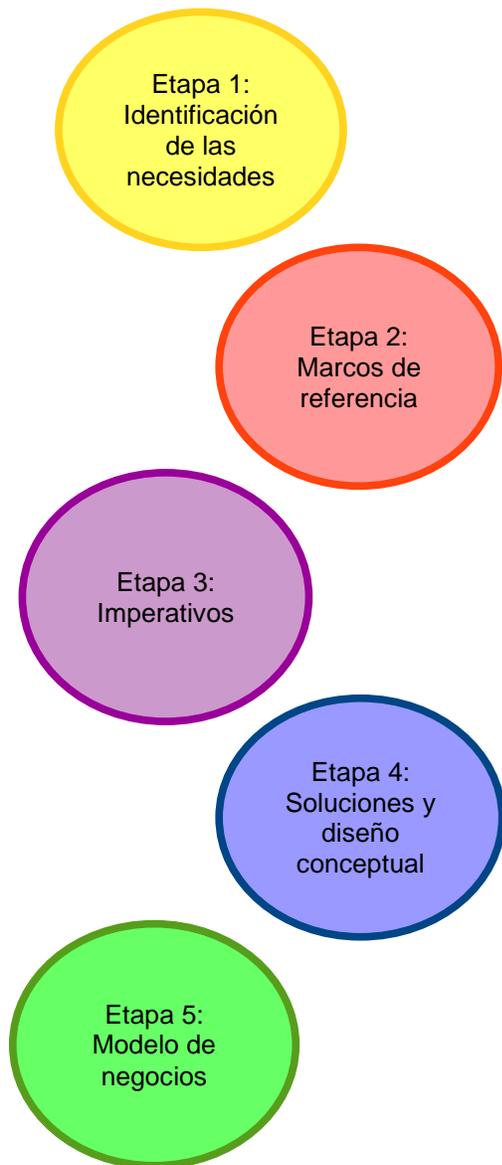


Figura 4.3 Diagrama propuesto por Beckman y Barry

Beckman y Barry hacen una propuesta de innovación que se resume en un diagrama de dos por dos. Propone que pasando constantemente del pensamiento abstracto al concreto y del análisis a la síntesis, se pueden encontrar soluciones innovadoras a los problemas que se vayan presentando, haciendo de este proceso una actividad continua e iterativa.



La metodología empleada en este trabajo consta entonces de cinco etapas, que pasan por los tres espacios del pensamiento de diseño: identificación de las necesidades, marcos de referencia, imperativos, soluciones y diseño conceptual, y modelo de negocios.

### **Inspiración**

Basada en la experiencia del usuario. Abarca desde la búsqueda de problemas hasta la selección de uno de ellos, apoyándose en las observaciones realizadas y los marcos de referencia para obtener imperativos.

### **Ideación**

Espacio que se refiere a la parte creativa del diseño. Incluye la proposición de una serie de soluciones, además de la selección de la mejor de ellas junto con el diseño conceptual.

### **Implementación**

Espacio del modelo de negocios. Implica la consideración del diseño propuesto junto con los gastos implicados para su ejecución, como son la adquisición de materiales y piezas comerciales, la manufactura y ensamble del producto, así como otros gastos significativos. Se plantea una estrategia para llevar al mercado un producto de calidad que tenga oportunidad de competir en él.

## Capítulo 5: Identificación de las necesidades

El proceso de identificación de las necesidades del usuario es una parte primordial en el desarrollo de un producto. En esta etapa se plantea como premisa que el proceso de innovación se encuentra basado en un entendimiento total del contexto de enlace y uso de una solución a través del trabajo analítico realizado durante esta etapa.

La forma de detectar y analizar las necesidades del usuario es a través de la observación, investigación e indagación del mismo. En este proyecto deben identificarse también las necesidades de los cultivos para su desarrollo, así como los elementos necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema de cultivo elegido, en este caso, hidroponía.

### 5.1 Acerca del Usuario

La ENIGH estimó en 2012 que el tamaño promedio de los hogares fue de 3.6 integrantes y que el número promedio de perceptores de ingresos por hogar se ubicó en 2.4. El gasto corriente total promedio por hogar se situó en 33 mil 746 pesos trimestrales y en promedio se destina el 34% al rubro de alimentos, bebidas y tabaco. De este porcentaje, el 11.1% se destina a verduras, legumbres, leguminosas y semillas.<sup>4</sup>

Un informe de la OMS y la FAO publicado recientemente recomienda como

---

4 Anexo D: Resultados seleccionados de la ENIGH 2012

objetivo poblacional, la ingesta de un mínimo de 400g diarios de frutas y verduras (excluidas las patatas y otros tubérculos feculentos) para prevenir enfermedades crónicas como las cardiopatías, el cáncer, la diabetes o la obesidad, así como para prevenir y mitigar varias carencias de micronutrientes, sobre todo en los países menos desarrollados. La tabla 5.1 muestra las raciones diarias recomendadas de los diferentes grupos de alimentos.

Tabla 5.1 Raciones diarias recomendadas

Alimento	Raciones	Gramos/ración
Leche y derivados	2 – 3	200
Cereales, leguminosas y féculas	3 – 5	60
Verduras y hortalizas	2	125
Frutas	2 – 3	130
Carne, pescado y huevos	2	100

Con base en las encuestas realizadas, se hará la selección de hortalizas que formarán parte de la dieta de los usuarios. Se determinarán las combinaciones de plantas para sembrar simultáneamente en el dispositivo, basándose en los parámetros de las mismas y buscando crear una mezcla de hortalizas que sea atractiva, suficiente para cubrir las necesidades de los habitantes de las viviendas y de alto valor nutritivo.

Sobre las viviendas de los usuarios encuestados, se obtienen imperativos sobre el espacio y el tiempo del que disponen, así como la inversión que estarían dispuestos a hacer en un dispositivo como el propuesto.

Las expectativas de los usuarios acerca de un dispositivo que automatice el proceso del cultivo de hortalizas fueron muy variadas, sin embargo, se pueden resumir como sigue:

- Riego automático
- Poco tiempo de cuidado
- Fácil cuidado
- Variedad de hortalizas
- Alimentos de calidad
- Alimentos nutritivos
- Ayude a economía familiar
- Disponibilidad de alimentos
- Poco espacio
- Precio accesible
- Fácil manejo
- Funcionalidad
- Cantidad suficiente
- Capacitación para manejo adecuado
- Provisión constante
- Durabilidad
- Ingeniería robusta
- Condiciones óptimas

En cuanto a su consumo de hortalizas, se les propusieron varias que podrían pensarse para cultivar con un electrodoméstico como el que se quiere diseñar, y su preferencia hacia ellas se refleja en la tabla siguiente.

Tabla 5.2 Condiciones generales de las viviendas de los encuestados

Habitantes promedio por vivienda	3
Decil al que pertenecen	VII
Cuentan con espacios abiertos	80%
Tienen plantas de interior	85%
Dedican a su cuidado	2 horas
Pagarían por adquisición e instalación	\$500-\$1999 (65%)
Dedicarían a su cuidado	0-2 horas (55%)
Habitantes que aportan al ingreso	2
Gasto mensual en frutas y verduras	\$1042.50
Han hecho crecer una planta desde la semilla	60%
Producen alimento	20%
Espacio que dispondrían	4 m <sup>2</sup>
Pagarían por mantenimiento	\$0-\$499 (100%)
Les interesa el aporte de nutrientes	68%

Tabla 5.3 Preferencia de consumo de hortalizas

Hortaliza	Consumo (%)	Consumo al mes	Cantidad al mes (piezas)
Acelga	25	9	1
Ajo	55	18	1
Apio	50	12	2
Berenjena	15	12	3
Berro	40	7	1
Betabel	10	3	1
Brócoli	45	10	3
Calabacita	35	13	8
Camote	5	2	2
Cebolla	70	21	8
Chayote	10	12	5
Chile	40	19	32
Chile dulce	20	10	9
Cilantro/ perejil	50	16	1
Col	0	0	0
Coliflor	15	4	1
Espinaca	75	10	2
Fresa	45	9	50
Jitomate	85	29	50
Lechuga	75	18	6
Papa	55	12	12
Pepino	35	13	7
Rábano	10	5	10
Zanahoria	55	11	15

Las hortalizas en blanco fueron elegidas por menos del 25% de los encuestados, en amarillo las que eligieron entre 25 y 49%, naranja entre 50 y 74% y rojo más del 75%.

Las cantidades al mes de la tabla anterior, se refieren al número de piezas que serían suficientes para cubrir el consumo de las diferentes hortalizas al mes en una vivienda con 3 habitantes, basadas en el promedio de consumo de los usuarios y la cantidad considerada como una porción de las mismas.

Además de las hortalizas propuestas, se pidió que mencionaran las plantas que también les gustaría tener en su cultivo. De las que mencionaron, las que sería posible incluir son:

- Romero
- Menta
- Manzanilla
- Epazote
- Albahaca
- Hierbabuena
- Cedrón
- Salvia
- Ruda
- Jengibre
- Frijol
- Ejote

Algunos encuestados nos hicieron saber que les gustaría también cultivar flores; sin embargo, estas últimas se dejaron fuera del estudio debido a que el objetivo del dispositivo no es ornamental.

## 5.2 Acerca del Cultivo

Para el desarrollo de este proyecto pensamos utilizar fertirrigación por hidroponía, utilizando las técnicas de raíz flotante, NFT (Nutrition Film Technic) y en sustrato blando (perlita) con riego por goteo, dependiendo de la selección de las plantas que se van a cultivar.

Empleando estas tecnologías en la agricultura urbana se aprovecha parte del tiempo libre del que disponen algunos miembros de la familia y que, por lo general, es desaprovechado en actividades que poco contribuyen al desarrollo y la proyección del núcleo familiar; además sirve para fortalecer la economía familiar, generando ingresos y disminuyendo los costos de la canasta básica de alimentos.

### 5.2.1 Requerimientos básicos para las plantas

Las plantas son seres vivos cuyo desarrollo se ve afectado por el medio, es decir, cualquier cambio climático o modificación en el medio se ve reflejado en su desarrollo. La temperatura, la iluminación, el suelo, el agua, la especie y los nutrientes, influyen en las plantas para tener cultivos de buena o mala calidad y es importante proporcionar las condiciones óptimas para cada etapa de su desarrollo.

La luz es una de las necesidades primarias de la planta: permite la fotosíntesis y está relacionada con la temperatura del medio; cuando esta última presenta picos muy elevados o muy bajos, la humedad relativa y la ventilación son las que amortiguan el impacto causado a la planta. Es importante complementar la luz natural con un sistema de iluminación que permita alargar los días y que reduzca los obstáculos de su paso al cultivo.

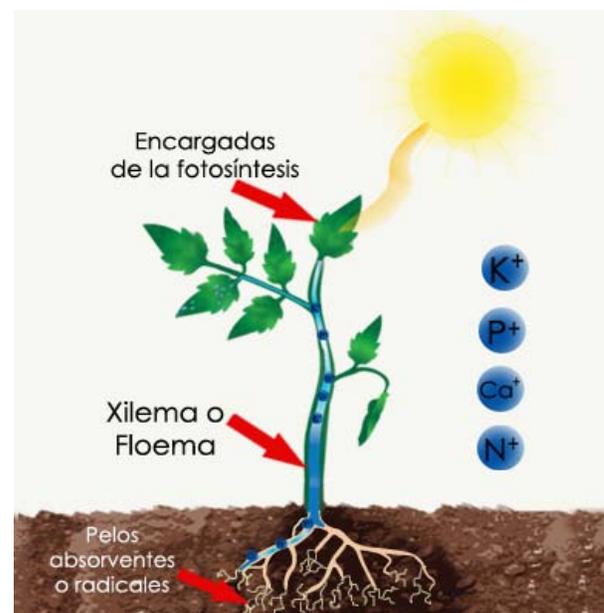


Figura 5.1 Requerimientos básicos de las plantas

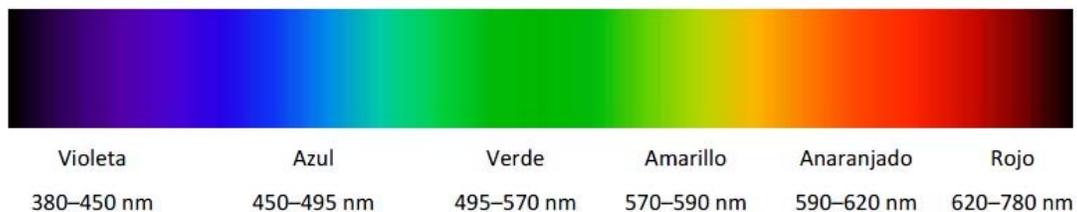


Figura 5.2 Espectro de colores de la luz visibles

Si dividimos el espectro de colores que componen la luz en fragmentos de interés para las plantas, tenemos uno azul, uno verde (color que no absorben las plantas) y uno rojo, que incluye el llamado rojo lejano. El color azul (entre 400 y 500 nm), es responsable principalmente del crecimiento vegetativo, el que se da tras germinar y hasta la floración; cuando le damos a una planta únicamente luz azul, crece de estatura baja y color oscuro. Las plantas interpretan los colores rojo/rojo lejano (600-700 nm) como la proporción de uno con respecto a otro. Esta relación influencia la elongación del tallo, especialmente en cultivos de luz directa, además de determinar la floración en plantas sensibles a la duración de los días, lo que lleva a la fructificación.

El suelo en un cultivo tradicional, es un sustrato activo que actúa como medio de cultivo de la planta y contiene los nutrientes que requiere para su desarrollo; sin embargo, las técnicas elegidas en este proyecto utilizan un sustrato inerte y/o solución nutritiva como medio de cultivo.

La solución nutritiva es la fuente directa de alimentación de la planta. Tiene como solvente agua y como soluto una combinación de macronutrientes (elementos más demandados: N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (elementos que se requieren en menor proporción: Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) definida por la fenología de la planta<sup>5</sup>. Además, debe mantener un pH entre 5.5-6.5 y su electro-conductividad entre 750-1500ppm (1.5-3 ms/cm) para que la planta aproveche de forma adecuada los diferentes nutrientes.

---

<sup>5</sup> Estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993; Schwartz, 1999)

De manera general, podemos identificar las siguientes etapas de desarrollo de las hortalizas:

- **Germinación:** Es el proceso ocurrido desde la siembra, a partir de la colocación de la semilla en suelo o sustratos de manera directa o indirecta, hasta que emerge la planta. Durante este período la humedad debe ser constante (65-70%) y las temperaturas entre 20-25°C, ambos valores dependerán de la especie que se esté germinando. Esta etapa termina al presentarse las primeras hojas verdaderas.



Figura 5.4 Proceso de germinación

- **Crecimiento vegetativo:** Esta etapa inicia al tener las primeras hojas verdaderas. Durante este período la planta sólo desarrolla hojas, ramas y tallos acumulando la energía suficiente para la floración, lo que hace necesario en algunas hortalizas podar las hojas viejas y tallos para evitar que las plantas gasten energía innecesaria tratando de mantenerlos. Para esto es necesario tener una nutrición adecuada, con altas fuentes de nitrógeno y potasio con fósforo en menor proporción.

- **Floración:** Inicia con la aparición de los primeros botones florales. Esta etapa es importante ya que las flores al fecundarse formaran los frutos. Es importante el riego y la nutrición (el boro ayuda a la viabilidad del polen); para hortalizas y producción de flores es necesario un aumento en concentración de la solución, por la alta demanda de nutrientes para mantener el follaje y la floración.
- **Fructificación:** Inicia con la fecundación de la flor hasta la maduración del ovario y crecimiento de éste, proceso que se denomina llenado de fruto. Durante esta etapa se trasladan nutrientes de las hojas y tallos hacia el fruto, lo que hace necesario mantener los riegos y la nutrición adecuadamente; es importante controlar el calcio y el boro al inicio de esta etapa para tener un buen amarre y evitar la pérdida de frutos, sin perder de vista el follaje, recordando que a mayor follaje, mejor calidad en frutos.
- **Reserva de nutrientes (N):** También llamada solución nutritiva, es la cantidad de agua con sales nutritivas de la que disponemos. Se puede tener una reserva general, o bien fabricar el líquido en el momento en que se requiera. Se tiene que mantener oxigenada, a una temperatura adecuada, y tiene que proporcionar a las plantas los nutrientes que necesitan.
- **Sistema de riego (R):** La fertirrigación es el sistema de riego mediante el cual suministramos los nutrientes de la reserva a nuestros cultivos, que va desde el riego manual hasta sofisticados sistemas automatizados.

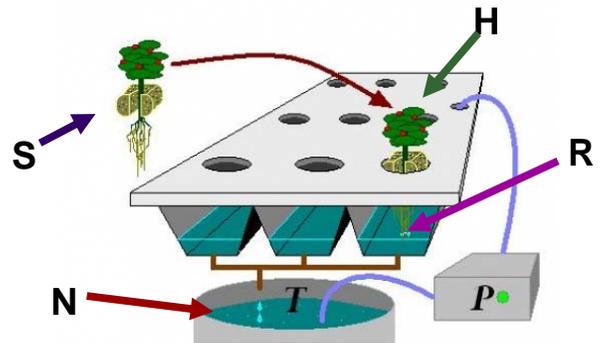


Figura 5.5 Elementos básicos de un sistema hidropónico

### 5.2.2 Elementos básicos de los sistemas de hidroponía

La figura 5.5 muestra los componentes de un sistema hidropónico, donde la T representa el tanque de almacenamiento de la solución nutritiva y P la bomba para la recirculación de la misma. Los demás componentes son:

- **Plantas (H):** Son el cultivo que queremos explotar. Dependiendo de su tamaño y adaptabilidad, estas nos definirán el medio de cultivo.
- **Medio de cultivo (S):** Puede ser por sustrato hidropónico o por contacto directo con la solución nutritiva.

## Capítulo 6: Elaboración de marcos de referencia

El identificar patrones particulares de comportamiento de los usuarios y detectar las oportunidades para la innovación, fueron las actividades principales de esta etapa. Para organizar la información recopilada, se emplearon técnicas para confirmar las necesidades que cada usuario proporcionó directa o indirectamente durante la etapa anterior. Las técnicas utilizadas se describen a continuación.

### 6.1 Escenarios

Un escenario es una descripción coherente e internamente consistente de un estado futuro del mundo; no son predicciones sino alternativas con alta probabilidad de suceder. El objetivo de esta técnica es diseñar soluciones sustentables, así como describir el contexto de la interacción personaje-producto en situaciones de uso. El contexto describe la ubicación geográfica, el lugar de interacción y el tiempo.

A continuación se mencionan tendencias que nos ayudan a proponer algunos escenarios positivos, neutros y negativos en el futuro:

- Para el 2030 el 60% de la población mundial vivirá en zonas urbanas; la migración aumentará. México se proyecta como contribuyente, junto con otros 8 países, al 26% del crecimiento urbano.
- Los índices de emigración de las personas de zonas rurales hacia las ciudades, alcanzan en América Latina alrededor de un 75% para el 2020.
- En 2030 puede haber en América Latina 191 millones de obesos, según las últimas proyecciones del Banco Mundial, lo que supone un incremento del 300% con respecto a 2005.
- De acuerdo a cifras como las de la Fundación Mídete, México gasta 7% del presupuesto destinado a salud para atender la obesidad (alrededor de 5 mil millones de dólares); se estima que para el 2017 el costo se duplique.
- El cambio climático empeorará las perspectivas de la disponibilidad de alimentos, agua y energía (recursos críticos). Análisis del cambio climático sugiere que la severidad de los patrones climáticos existentes se intensificará, con zonas húmedas más húmedas, zonas secas más secas y zonas áridas cada vez más áridas. Casi la mitad de la población mundial vivirá en zonas con estrés hídrico severo.
- Se espera que para 2030 el agua renovable per cápita disminuya a 148 m<sup>3</sup>/hab/año en la región del Valle de México, es decir, se encontrará bajo estrés hídrico.
- La demanda de alimentos, agua y energía crecerá aproximadamente 35, 40, y 50 por ciento, respectivamente, debido a un aumento en la población mundial y los patrones de consumo de una clase media en expansión.
- El empoderamiento individual se acelerará debido a la reducción de la pobreza, el crecimiento global de la clase media, mayor nivel de estudios, el uso generalizado de las nuevas comunicaciones y tecnologías de fabricación, y los avances de la salud.
- En general la tendencia en México y en el mundo es de incrementar los programas de conciencia social sobre

temas como la importancia del agua y de los recursos que disponemos, así como de los cuidados de la salud.

para el Mundo (Tabla 6.1), México (Tabla 6.2) y las viviendas de la Ciudad de México (Tabla 6.3), que pensamos para el 2030.

Tomando este panorama como referencia las tablas siguientes muestran escenarios positivos, neutros y negativos

Tabla 6.1 Escenarios para el **Mundo**

Positivo	Neutro	Negativo
Mejor aprovechamiento de los recursos energéticos y el agua (sobretudo en el sector agrario)	Investigación continua del aprovechamiento de recursos y búsqueda de fuentes energéticas	Calentamiento global con efectos irreversibles, genera condiciones extremas (más sequías e inundaciones)
Avance tecnológico en energías renovables	Continúan los programas de concientización acerca del aprovechamiento de recursos	Escasez de agua, alimentos y recursos provoca el costo elevado de los mismos
Más normas gubernamentales para mejorar estándares de calidad	Continúan las campañas de salud para combatir enfermedades como diabetes e hipertensión	Problemas de salud, sociales y económicos incrementados por la mala distribución de alimentos y estrés hídrico
Incremento de la conciencia social (problemas, consecuencias y acciones)	Aún hay mucho desperdicio y descuido por parte de la población inconsciente	Aumento de la migración a las ciudades y, por tanto, de la urbanización global
Disminución de enfermedades, parásitos y hambruna		Mala alimentación reflejada en problemas de salud
Manejo más sustentable de residuos		Incremento desmedido de la población global
		Conflictos internacionales por el control de las reservas de los recursos renovables

Tabla 6.2 Escenarios para México

Positivo	Neutro	Negativo
Mayor conciencia social, adquirida en la infancia a nivel escolar, acerca del consumo y manejo de recursos, aunque aún no la mayoría	Continúan las campañas para concienciar a la población sobre consumo y manejo de recursos	Sigue habiendo mucho desperdicio de agua por parte del sector agrario y la población inconsciente del problema
Menor porcentaje de obesidad en la población como resultado de programas de salud, aunque sigue representando un problema	Continúan las campañas para mejorar la salud de los habitantes	Debido al cambio climático, se extreman las sequías y las inundaciones en el país, afectando la cantidad y calidad de los cultivos y agua disponibles
Disminución del presupuesto asignado al sector salud para tratar enfermedades crónicas, debido a la disminución de éstas en la población	La mayoría de los esfuerzos realizados para mejorar siguen siendo por parte de particulares y privados	Problemas de salud, sociales y económicos incrementados por la mala distribución de alimentos y el estrés hídrico en el Valle de México
Incremento del desarrollo tecnológico por inversión en tecnologías sustentables	Aún no hay muchos incentivos gubernamentales a particulares y privados	Los problemas de salud, como la obesidad, siguen generando problemas
Crecimiento de la cultura de reducción, reutilización y reciclaje		Aumento desmedido de la población en las ciudades
Mayor inversión en educación		Inestabilidad social y económica
Mejor manejo de los recursos renovables y residuos		Escasez de agua, alimentos y recursos provoca el costo elevado de los mismos
		Poco interés por el desarrollo tecnológico

Tabla 6.3 Escenarios para las **viviendas** de la Ciudad de México

Positivo	Neutro	Negativo
Mejora en el manejo de la economía familiar	El ingreso por vivienda se mantiene	Incremento desmedido de los costos de los servicios
Mayor conciencia sobre la importancia del control natal	Aún falta interés en el consumo de alimentos de calidad	Relación negativa entre el ingreso y el gasto por vivienda
Reducción de problemas de salud crónicos, como la obesidad y la diabetes	Aún falta conciencia sobre el manejo de recursos por parte de los integrantes de la vivienda	Incremento desmedido en el costo de bienes raíces genera una reducción en el espacio por familia
Mayor conciencia del correcto manejo y aprovechamiento de los recursos y sus residuos	Cierta inestabilidad debido a la falta de disponibilidad de recursos y alimentos	Debido a la urbanización creciente, cada vez se cuentan con menos espacios abiertos y verdes por vivienda
		El agua potable cada vez es más cara y más difícil de conseguir
		Dificultad para obtener alimentos de calidad debido a su costo elevado

## 6.2 Actividad, Entorno, Interacción, Objeto, Usuario (AEIOU)

Esta técnica documenta la información que se obtuvo a partir de las observaciones directas de usuarios, la cual se sintetizó en tablas divididas en los siguientes rubros:

- Actividad: ¿qué hicieron los usuarios?
- Entorno: ¿dónde fue y cómo era el lugar donde ocurrió la actividad?
- Interacción: ¿cuáles son las acciones recíprocas entre el usuario y el objeto?

- Objeto: ¿qué elementos y herramientas se utilizaron para desarrollar la actividad?
- Usuario: ¿quiénes fueron las personas que aparecieron en escena?

Es una técnica que nos permite ver con mayor claridad los pequeños detalles de gran importancia (insights) que pueden pasar desapercibidos, por medio de fotografías e información organizada y concisa. Se analizan imágenes de los usuarios realizando actividades relacionadas con la solución del problema, es este caso, de las condiciones y cuidado de cultivos de invernadero e interiores.

La tabla siguiente muestra, como ejemplo, uno de los análisis de imagen realizados.

### 6.3 Lluvia de ideas

Esta herramienta fomenta el pensamiento creativo, manteniendo los pies en la tierra, con los ojos en el cielo, observando el panorama completo, para generar ideas de mayor impacto.

Consiste en proponer una serie de ideas, desde la más alocada hasta la más predecible. A continuación se describen algunas de las ideas que tuvimos.

Empezamos por considerar la necesidad del buen manejo de los recursos de los que se disponen, reciclar, reducir y reutilizar.

Tabla 6.4 Análisis de imagen empleando la técnica AEIOU para la obtención de imperativos



<b>Actívada</b>	Selección de una planta del cultivo y cosecha para su consumo.
<b>Entorn</b>	Moderna cocina que da la apariencia de tener gran amplitud. Debido a los grandes ventanales que se aprecian al fondo de la imagen, uno puede inferir que el espacio cuenta con muy buena iluminación y una ventilación más que adecuada.
<b>Interacción</b>	El usuario se acerca, identifica el nivel en el que se encuentra planta que se va a consumir, abre la puerta correspondiente y jala la bandeja del cultivo hacia él. Adultos responsables, le facilitan la bandeja de la parte inferior al usuario joven, que es la que se encuentra a su alcance, para que seleccione la planta a cocinar.
<b>Objeto</b>	Dispositivo con forma y tamaño similar a un refrigerador que cuenta con 4 bandejas en distintos niveles, donde se aprecia que cada una de ellas tiene diferentes plantas cultivadas. En el apartado superior, se puede suponer que, se encuentra el sistema de control, ventilación e iluminación para la bandeja superior; si se analiza con detenimiento la imagen, uno puede observar que en la parte inferior de las bandejas, éstas también cuentan con un sistema de iluminación para la que está por debajo y así sucesivamente.
<b>Usuari</b>	Familia joven que muestra gran interés en el dispositivo y el cultivo que el mismo brinda. Se aprecia que la interacción que éste genera al momento de cosechar, se disfruta y promueve la orientación del adulto al usuario que apenas comienza a convivir con él.

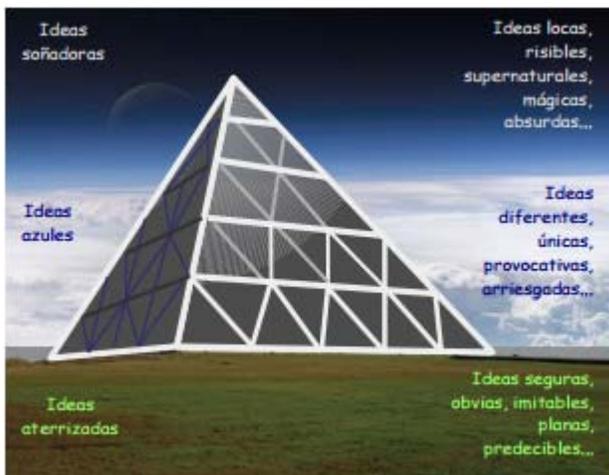


Figura 6.1 Espacio de las ideas

Buscando elementos que pudieran sustituir a los que normalmente consumen energía eléctrica, pensamos que si encontráramos una forma de implementar una máquina de movimiento perpetuo, que permita la recirculación, por ejemplo, del agua de los sistemas NFT, ya no sería necesaria la utilización de una bomba para este efecto. Su estructura iría pegada a una pared para que ocupe poco espacio (Fig. 6.2). Para los canales del cultivo, pensamos en tubos de material reciclado o el empleo de otros desechos que se podrían reutilizar para alargar su vida útil, como las botellas de PET. De esta forma, el agua estaría en constante circulación, oxigenándose y sin desperdicio, además de la disminución en el consumo de electricidad para su funcionamiento.

Otra idea fue un dispositivo más llamativo, con forma de árbol, en el que el sistema de control se encuentra en el "tronco", las "ramas" sostienen el tanque de almacenamiento y las "hojas" forman una estructura con forma de esfera por la que circula constantemente el agua y dos canales de cultivo. En el centro de esta

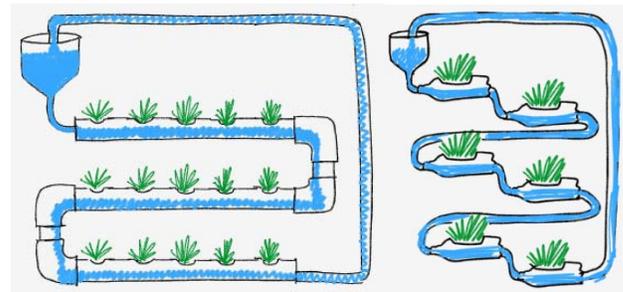


Figura 6.2 Sistema NFT con máquina de movimiento perpetuo

esfera, se cuenta con una luminaria encargada de la iluminación y de aumentar la temperatura del huerto.

Siguiendo la misma línea, se propuso otra solución que cuenta con estructura esférica, que incluye las tres técnicas de hidroponía (raíz flotante, NFT y en sustrato), además de sistemas de control de riego, iluminación y ventilación. La imagen que representa esta idea (figura 6.4) muestra sólo la estructura principal; en el nivel superior se tendría cultivo en sustrato, en la media con NFT y en el inferior de raíz flotante.

Dado que la intención que tenemos es que se pueda acomodar en el interior de una casa, consideramos que la forma esférica posiblemente sería un poco impráctica y desperdicia cierto espacio, así que se planteó la posibilidad de cambiar la estructura esférica a una cilíndrica. La imagen correspondiente a ésta (Fig. 6.3), incluye también las tres técnicas de hidroponía (raíz flotante, NFT y en sustrato) y el sistema de iluminación (en amarillo). En la base, la parte inferior vendría siendo el apartado del sistema de control y la superior el tanque de reserva de solución nutritiva. En la parte superior de la columna se tendría riego por goteo para el cultivo en sustrato. La parte central de la columna nos

muestra una hélice que es el canal para la NFT, con posibilidad de agregar al dispositivo, otra de manera encontrada para ampliar la superficie de cultivo. Por último, en su parte inferior se aprecia el cultivo de raíz flotante.

Sin embargo, consideramos que la forma redonda de la base podría causar un aprovechamiento no óptimo del espacio, así que cambiamos el concepto y propusimos otra solución, pero ahora con base cuadrada. La idea sería diseñar un esquinero con forma de cubo como una solución que integra un sistema NFT en su interior de tres niveles, o de riego por goteo, colocados como pirámide y con una estructura con forma de cubo completa que permite sostener el sistema de iluminación dirigido al cultivo, y sin las dos caras frontales del dibujo para ventilación (Fig. 6.6).

Ésta última idea nos llevó a pensar lo mismo que con las de estructura esférica: al delimitar las dimensiones del cubo, estamos desperdiciando el espacio vertical, aunque su forma permitiría un acomodo más práctico en la vivienda. Es por esto que por último ideamos un mueble modular,



Figura 6.3 Idea con estructura esférica

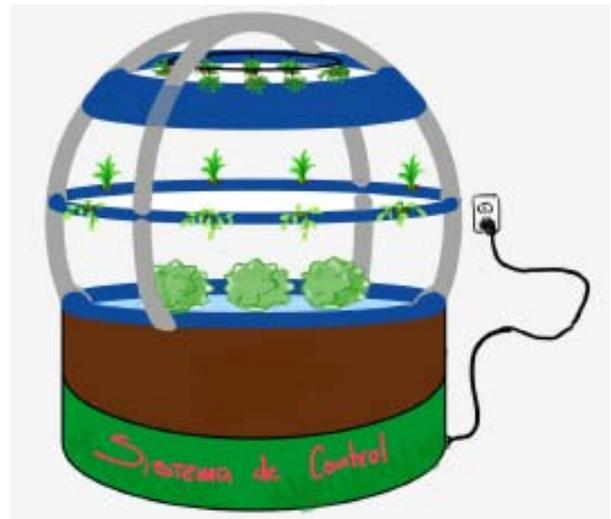


Figura 6.4 Segunda idea con estructura esférica

que podría "crecer" según las necesidades de los usuarios, por medio de cubos individuales capaces de conectarse entre sí. Se tendría la posibilidad de armar un mueble como el de la figura 6.7, que incluya módulos optativos para el cultivo de hortalizas de preferencia de los usuarios, en el medio en el que mejor se desarrollen y con la cantidad de alimentos de calidad necesaria, y módulos indispensables como el de almacenamiento de solución nutritiva y resguardo del sistema de control.

La idea contempla que se debe capacitar a los futuros usuarios para el uso correcto del producto. En la actualidad hay una tendencia creciente en el uso de dispositivos móviles. El año pasado se determinó que cerca del 87% de la población nacional cuenta con un dispositivo móvil. Esta tendencia se podría aprovechar para diseñar una aplicación que acompañe al usuario durante todo el ciclo vegetativo de los cultivos, con recordatorios y alertas para que se interactúe y se de mantenimiento al huerto, con toda la información necesaria para llevar a cabo las tareas, que genere un registro del

desempeño del dispositivo, opción de compra en línea de productos relacionados, e incluso, podría incluir un plan de recompensas por buen manejo y aprovechamiento que motive al usuario a darle seguimiento; de este modo los usuarios estarían en constante capacitación. La aplicación podría ser gratuita en principio, con opción de compra de una versión más completa por un costo moderado.

También podría pensarse en incluir el producto en algún tipo de seguro alimenticio, cuyo costo mensual permita a los usuarios la adquisición y mantenimiento del dispositivo. Además, se podría crear un programa de recuperación de excedentes, para su consumo en comedores comunitarios o para repartirlos a personas de escasos recursos.

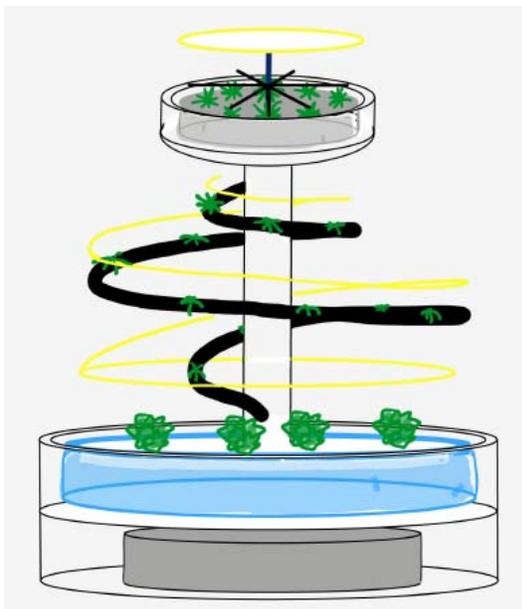


Figura 6.5 Solución con estructura cilíndrica

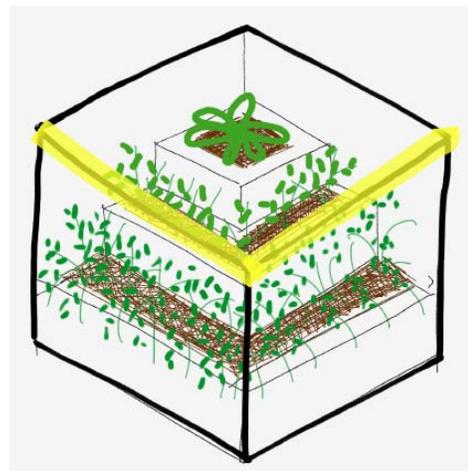


Figura 6.6 Solución con estructura con forma de cubo

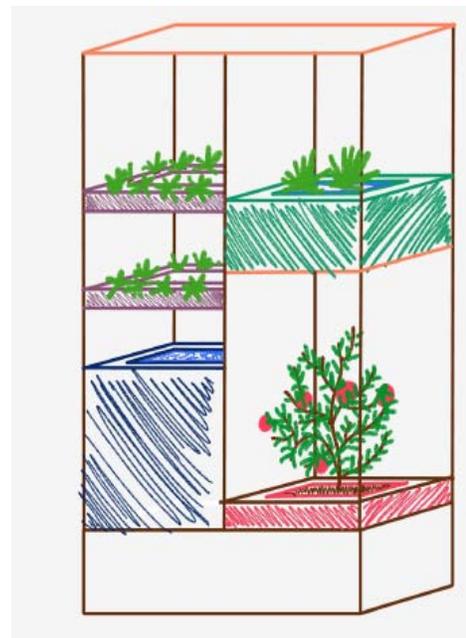


Figura 6.7 Mueble modular para el cultivo de hortalizas

## Capítulo 7: Imperativos

Esta etapa consiste en realizar la síntesis de las dos etapas anteriores. Un imperativo puede definirse como los requerimientos mínimos necesarios con los que el producto debe cumplir para poder competir en el mercado, satisfaciendo las necesidades de los usuarios (propuestas de valor).

Haciendo entonces una síntesis de los capítulos anteriores, se resaltan los puntos de mayor relevancia para el desarrollo del producto:

- El consumo de hortalizas como parte de la dieta diaria es sumamente importante para el bienestar de los usuarios. Representa una mejor calidad de vida y salud.
  - Los usuarios consideran que muchas veces las hortalizas que se encuentran en los mercados y supermercados no son del todo frescos ni de la mejor calidad.
  - El costo de las hortalizas en el mercado es fundamental para los usuarios a la hora de decidir cuáles y cuánto comprar.
  - A pesar de que se cuentan con espacios abiertos en la mayoría de las viviendas, los usuarios los consideran pequeños y muchos no los ocuparían con un huerto.
  - Los usuarios piensan que los huertos hidropónicos con sistemas automáticos, requieren de extensiones considerables de terreno y tienen la percepción de que son bastante complejos y costosos.
- La mayoría de los cultivos con los que cuentan los usuarios en sus viviendas, se encuentran en el exterior de las mismas y suelen ser más comunes aquellos que se desarrollan en macetas con agricultura tradicional. La mayoría de las plantas que tienen son de ornato, sobre todo, las pocas que tienen en el interior.
  - A la mayoría de los usuarios que no cuentan con un huerto casero, les gustaría tener uno, sin embargo, consideran que no tienen el tiempo, el espacio, o ambos, para mantenerlos y cuidarlos como es debido.
  - A pesar de la tendencia creciente en campañas para el cuidado del medio ambiente, la buena alimentación y el buen manejo de los recursos naturales, se prevé que la mala distribución de los alimentos de calidad disminuida y la escasez del agua, provocarán un incremento desmedido en el costo de los mismos, afectando directamente a la economía familiar.
  - La incorporación de la producción casera de hortalizas en la ciudad, representa un beneficio directo a la economía del hogar.
  - Los usuarios dedican poco tiempo al cuidado de sus plantas, ya sea por la falta de tiempo o por distracción u olvido.



- Los usuarios consumen regularmente jitomate, lechuga y espinaca, y resulta atractivo para ellos el cultivo de plantas que dan sabor a la comida o con las que se puede preparar té.
- Aquellos usuarios que ya cuentan con un huerto en casa, piensan que la idea de tener un sistema que regule las condiciones del cultivo sería de gran utilidad y considerarían adquirir nuestro producto.
- El producto diseñado debe ser tecnológicamente sustentable para poder competir en el mercado y representar el beneficio buscado para el usuario.
- La producción de hortalizas debe hacerse en función de las necesidades del usuario, para evitar el desperdicio o mal manejo de los recursos implicados en el proceso.
- Los usuarios esperan que el dispositivo sea confiable, seguro, robusto y que ocupe poco espacio; además de eficiente, de poco cuidado, que el riego sea automático y que provea a la familia de alimentos de calidad.
- El dispositivo debe poder ser manejado sin dificultad por todos los habitantes de la vivienda.
- Los usuarios invertirían hasta \$2000 por un dispositivo de horticultura domótica que cumpla con sus expectativas, con un máximo de \$500 mensuales para su mantenimiento.
- Es importante considerar que los resultados del producto no se verán de manera inmediata y que los usuarios requerirán capacitación constante para su manejo y mantenimiento.
- Es necesario regular la temperatura, la iluminación, la ventilación, el riego y

los nutrientes en el cultivo, para obtener alimentos de buena calidad bajo las condiciones óptimas.

- La selección del medio de cultivo y la concentración de nutrientes en la solución nutritiva, depende de las características y fenología de las plantas que se piensan cultivar.
- La selección de las plantas del dispositivo deberá basarse en las preferencias de consumo de los usuarios y las porciones recomendadas de las mismas.

Tomando estos puntos en consideración, podemos definir el mercado al que va dirigido nuestro producto, el árbol de objetivos del dispositivo y su diagrama de funciones. La definición de éstas características nos permitirá elegir una solución adecuada en el capítulo siguiente.



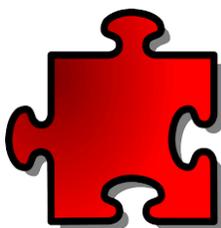
## 7.1 Tamaño del mercado

El mercado al que irá dirigido el producto incluye a todos los habitantes proveedores del ingreso familiar, que quieran disfrutar de los beneficios de contar con alimentos nutritivos de cosecha propia en el hogar, y que tengan el ingreso suficiente para invertir en un dispositivo como el propuesto. Tomando esto último en cuenta, se considerará mercado potencial a aquellos habitantes de los hogares que pertenezcan a los deciles del quinto al décimo, lo cual representa alrededor del 60% de los hogares de la ciudad de México (1 419 000 hogares potenciales).<sup>6</sup>



## 7.2 Árbol de objetivos

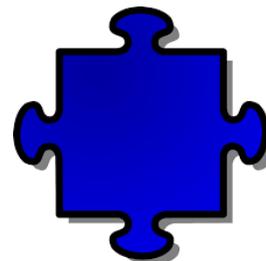
Sin perder de vista los objetivos generales planteados en el capítulo 2, el árbol de objetivos de la figura 7.1 muestra los puntos específicos que debe cumplir el diseño del producto para que cumpla con los requerimientos de los usuarios. Se organizaron por jerarquías según su nivel de importancia; en la figura se aprecian con diferentes colores.



## 7.3 Diagrama de funciones

Estos diagramas permiten no perder de vista las funciones mínimas

indispensables que debe desempeñar nuestro producto para cumplir con los objetivos planteados, además de los medios para conseguirlas. Estas funciones esenciales son las que debe satisfacer el dispositivo, independientemente de los componentes físicos que pudieran utilizarse. La relación entre las funciones y sus medios puede representarse como un árbol, como los mostrados en las figuras 7.2 y 7.3.



Estos diagramas sirven para buscar componentes apropiados para realizar las funciones secundarias y sus interacciones. Es importante también establecer qué funciones va a realizar cada parte del dispositivo.

Considerando los puntos abarcados en este capítulo como piezas del rompecabezas de diseño, en el capítulo siguiente se busca el mejor acomodo de las mismas para a partir de éste realizar el diseño conceptual del dispositivo.

Tabla 7.1 Funciones secundarias del dispositivo y medios para lograrlas

Funciones secundarias	Medios
Identificar el modo seleccionado	Interfaz de usuario
Controlar el riego	Circular agua
Controlar la iluminación	Encender luces
Controlar temperatura	Calentar/ventilar
Detectar y alertar errores	Monitorear el sistema

<sup>6</sup> Anexo D: Resultados seleccionados de la ENIGH 2012



Figura 7.1 Árbol de objetivos

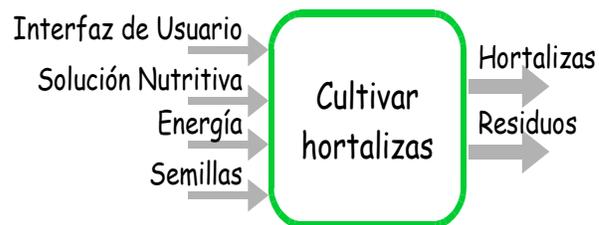


Figura 7.2 Función global del dispositivo

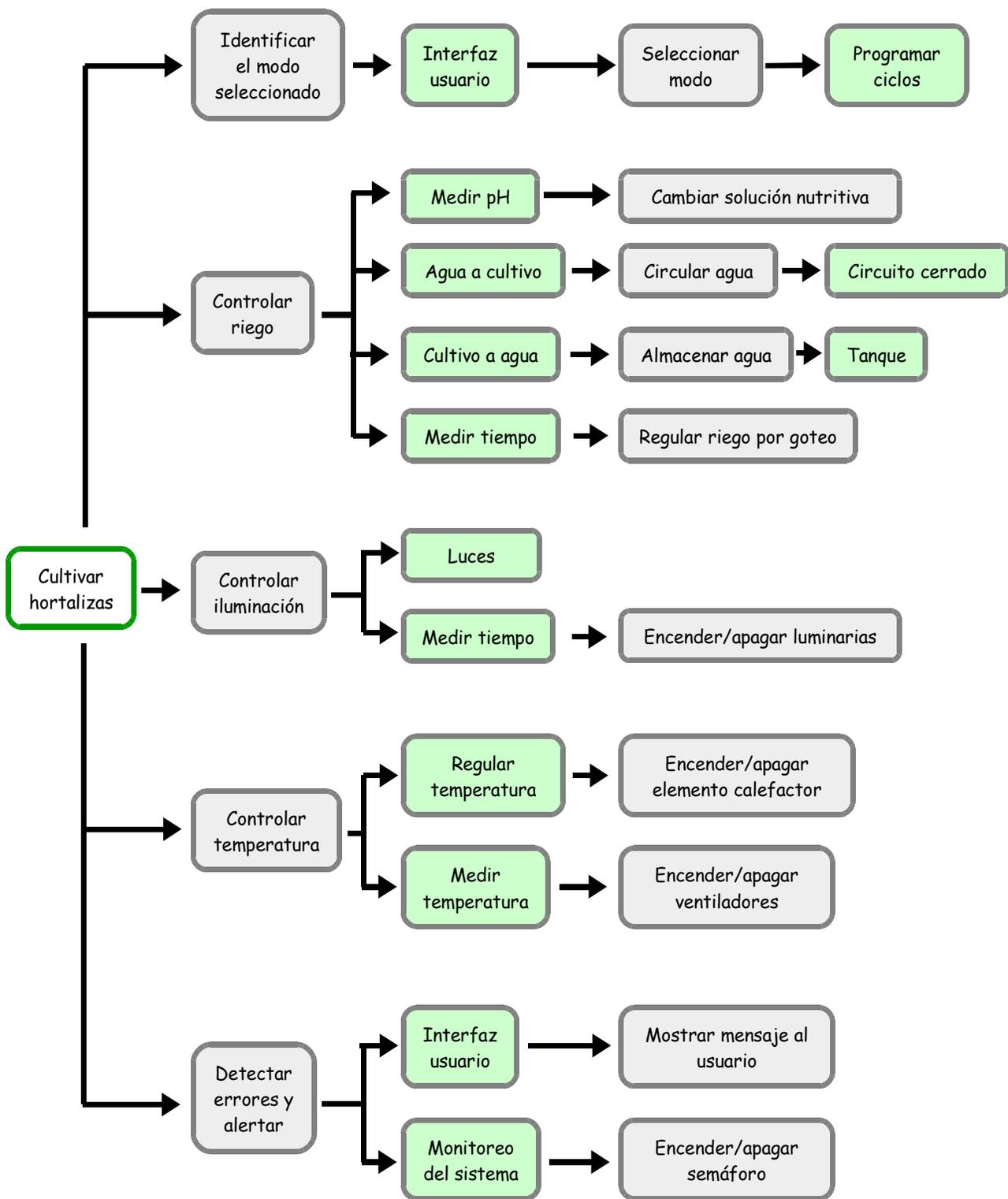


Figura 7.3 Funciones secundarias (blanco) con sus medios (verde) y otras funciones implicadas (gris)

## Capítulo 8: Soluciones y diseño conceptual

En este capítulo se analizan los conceptos surgidos hasta el momento con el fin de escoger el más adecuado para nuestro propósito. Se hace un análisis de las funciones implicadas, se seleccionan los componentes apropiados y se hace una propuesta de diseño del producto centrado en el usuario, sin perder de vista los imperativos arrojados durante la síntesis del capítulo anterior.



### 8.1 Soluciones

La disponibilidad de tiempo de los usuarios considerados mercado potencial, es muy variable; sin embargo, la mayoría dedicaría máximo 2 horas a la semana para el cuidado del cultivo. El dispositivo automatiza el proceso de horticultura de manera tal, que requiera poca manutención sin dejar de darle importancia a la interacción requerida para el aprovechamiento y buen manejo del sistema.

Considerando que los usuarios objetivo dispondrían alrededor de \$2000.00 para la adquisición e instalación del dispositivo, y \$500.00 para su mantenimiento mensual, se buscan componentes comerciales, de bajo costo y alta disponibilidad en el mercado, además de materiales y elementos de calidad que tengan el menor impacto ambiental posible.

Las encuestas realizadas a los usuarios indican que las hortalizas más consumidas y que más personas tendrían en su huerto son el jitomate, la lechuga y la espinaca, por lo que el dispositivo será

capaz de cultivar éstas principalmente.

El dispositivo cuenta con módulos que le permiten diferentes configuraciones, según las necesidades y gusto de los usuarios. De esta manera busca adaptarse también al espacio del que disponen.

Cada módulo emplea una técnica hidropónica diferente que permite el cultivo de diferentes plantas, por lo que el usuario tendrá para escoger y combinar tres tipos de módulos. El producto cuenta con una estructura principal que incluye el sistema de control, de riego, de iluminación y de ventilación, junto con el contenedor de solución nutritiva; dependiendo de lo que el cliente pida, cuenta también con alguna combinación modular.

El dispositivo regula las condiciones del huerto con la intención de mantenerlas óptimas para su desarrollo; para esto, hace lecturas constantes de las variables del medio, procesa esa información y manda las instrucciones necesarias para cumplir este objetivo.

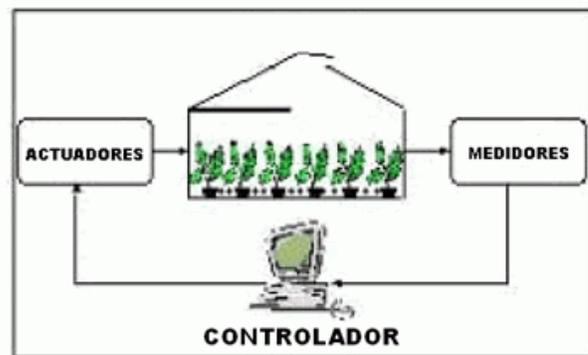
La lectura se realiza por medio de sensores, elementos capaces de transformar variables físicas y químicas en magnitudes eléctricas, siempre en contacto con la variable a medir o a controlar. Todos van acompañados de una etapa de acondicionamiento para que no haya caída de voltaje y podamos adaptar las señales provenientes del sensor a señales que podamos utilizar para operar el sistema. En este caso, el producto cuenta en principio con sensores para medir la temperatura del ambiente y de la solución nutritiva.

El procesamiento de la información lo realiza un microcontrolador, que recibe la información del medio y la compara con los parámetros de referencia. Una vez que el microcontrolador hace la comparación, envía señales a los actuadores para que realicen las tareas que les corresponde, y a los indicadores para que notifiquen el estado del sistema. Entonces, este componente tiene suficientes entradas y salidas tanto analógicas como digitales, para controlar la interfaz, los actuadores y los indicadores; además de los subsistemas de riego e iluminación. Otra característica que debe tener, es contar con suficiente memoria para almacenar todos los datos, variables e instrucciones necesarias para el buen funcionamiento del dispositivo.

Un actuador transforma la señal eléctrica que recibe en una acción mecánica. El sistema incluye los que ajustan el paso del agua por las tuberías y el flujo de aire dentro éste, como la bomba o ventiladores.

Un indicador suele ser una luz o un sonido que, como su nombre lo dice, indique algo al operador del sistema. En este caso, se cuenta con un semáforo que indica el estado general del sistema al usuario.

Para que el usuario pueda interactuar con el dispositivo, es necesario que el producto tenga alguna interfaz que lo permita. Entonces, cuenta con una pantalla y un teclado con este fin. La pantalla muestra información que puede ser útil para el usuario como la hora, la fecha o la temperatura, y mensajes que acompañen al semáforo indicador para que alerte de las fallas que puedan estarse presentando o detalles a los que haya que prestarles atención. Cada sistema de control involucrado, aprovecha la lectura de variables para revisar constantemente su estado. Si se detecta un estado crítico que pueda poner en riesgo al usuario, el dispositivo activa un sistema de seguridad.



El sistema de riego está formado por el tanque de almacenamiento de solución nutritiva, el sensor de temperatura, las tuberías y otros contenedores, el control para el ajuste de las variables y los actuadores que ejecutan las instrucciones del controlador.



En la actualidad hay muchas empresas que ponen a disposición del usuario la solución nutritiva, de composición estándar de nutrientes para ser disueltos en

agua, así como los micro y macro nutrientes por separado para realizar la mezcla. Pensando en la regulación del pH de la solución, lo más conveniente sería que el dispositivo contara con un sensor de pH y conductividad, y que el usuario adquiriera los nutrientes por separado para poder regular la solución conforme se vaya necesitando; sin embargo, esto implicaría un mayor costo del dispositivo y una mayor dedicación al huerto, tiempo y recursos extra que posiblemente el usuario no tenga; por esto pensamos que como primera opción se adquiriera la solución estándar, que la medición de pH se realice mensualmente por el técnico de mantenimiento y cambiar la solución nutritiva del sistema cuando se requiera.



El nivel del tanque de almacenamiento es importante para que el proceso se pueda poner en marcha. Es necesario tener suficiente solución nutritiva en el tanque para cubrir los requerimientos del sistema. Una vez que el usuario llena el tanque hasta el nivel deseado, se enciende una bomba para poner a circular la solución y se abren o cierran las válvulas de paso según corresponda.



El sistema de temperatura regula tanto la del aire como la de la solución nutritiva. Actúa en dos casos: cuando esté por debajo del rango establecido, o cuando esté por encima. Para el primer caso, se eleva mediante un elemento calefactor. Para el segundo caso, se baja con un ventilador. Éste también se accionará cada determinado tiempo con la finalidad de reciclar el aire en el dispositivo.



Debido a que las investigaciones indican que las plantas no absorben ni necesitan de todas las frecuencias de la luz visible, y que requieren de cierto tiempo de exposición al día, el dispositivo utiliza luminarias de LEDs cuyo encendido y apagado es manejado por el controlador.



Basándose en lo anterior y en los diagramas de las funciones secundarias, se proponen algunos elementos que pudieran estar involucrados en el cumplimiento de las mismas. Se hicieron tablas comparativas<sup>7</sup> para la selección de los materiales más adecuados y utilizarlos para el diseño conceptual.

## 8.2 Diseño conceptual

El método consiste en descomponer la función global del diseño en términos de las funciones secundarias con sus correspondientes entradas y salidas, se dibuja un diagrama de bloques que muestre las interacciones entre éstas, para por último dibujar los límites funcionales del sistema, procurando que no queden entradas o salidas sueltas a menos que lo excedan.



<sup>7</sup> Anexo E: Criterios de selección de elementos y componentes

Considerando las tablas del Anexo F se hace la selección de los materiales. Se proponen componentes comerciales que se adecuan mejor a los requerimientos del sistema, se determina la configuración y la composición final del producto (del modelo de French). Para esto, se toma en cuenta también el método de diseño mecatrónico en paralelo, que implica el diseño conjunto de las partes mecánica, eléctrica/electrónica, hardware, software y de control.

La Figura 8.1 muestra el diagrama de bloques obtenido del análisis de funciones. La configuración del producto puede variar dependiendo del acomodo de los módulos. Cada uno de ellos, dependiendo de su modo de cultivo, cuenta con diferentes elementos, mencionados a continuación.

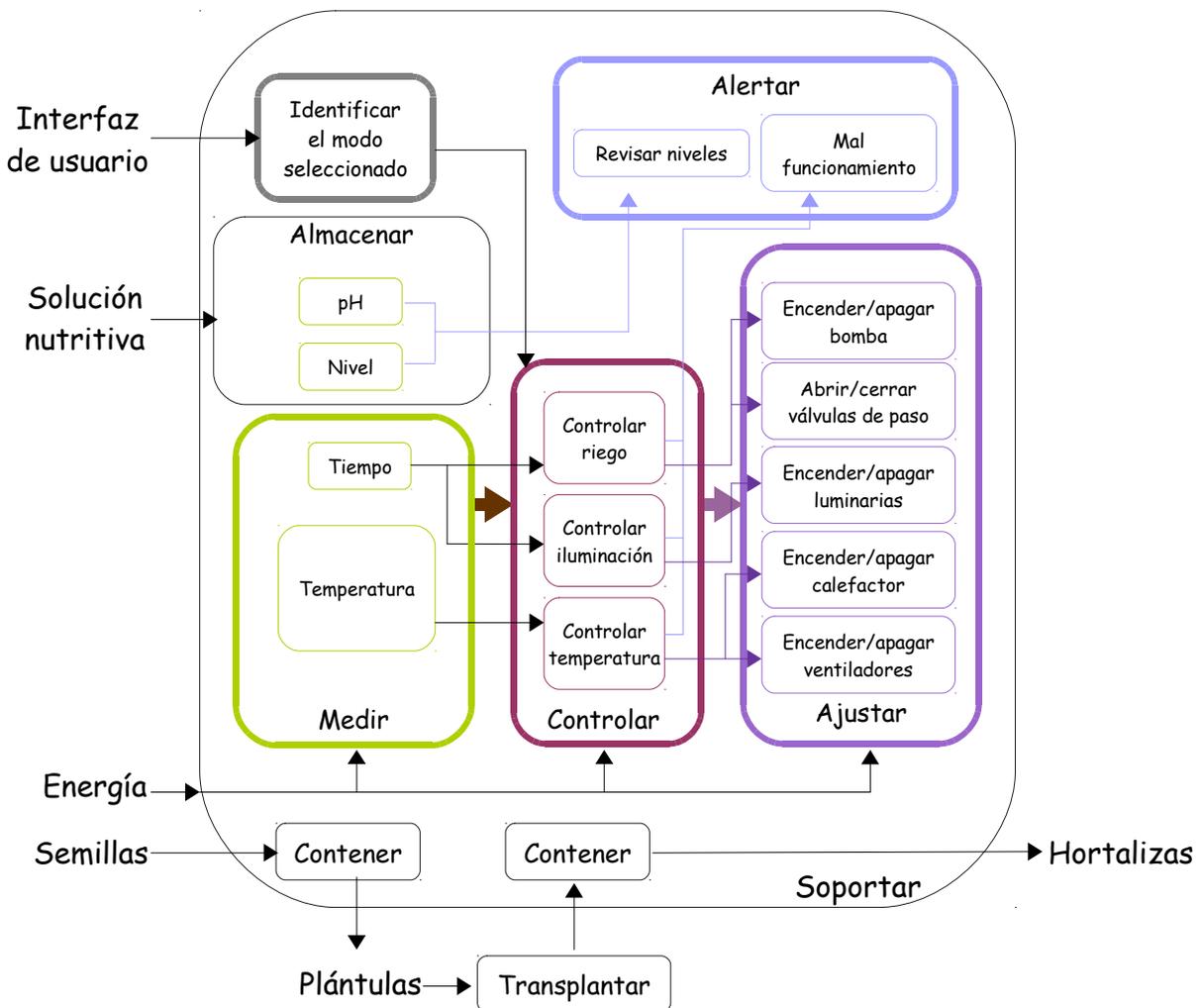


Figura 8.1 Diagrama de bloques de funcionamiento

**Módulo Raíz Flotante:** Adecuado para el cultivo de plantas de hoja como lechuga, cilantro, epazote, etc. Consta de:

- Contenedor preferentemente de plástico (PEHD), con una profundidad de 10 a 15 cm máximo (no se necesita más). Debe contar con un orificio para que entre la solución y otro para que salga. La relación del flujo de entrada y salida debe ser 1:1, para que el nivel se mantenga siempre constante.
- Plancha de unicel de un grosor no menor a 2cm, para que resista el peso de las plantas. Los orificios tienen un distanciamiento de 17 a 25 cm, según la planta.
- Canastillas que soporten la planta durante su crecimiento, verificando que sea únicamente la raíz la que se encuentre en contacto con la solución nutritiva.
- Las plantas absorben el oxígeno que hay disuelto en el agua, por lo que normalmente se utiliza una bomba de oxígeno; sin embargo, el sistema propuesto recirculará la solución constantemente, por lo que este componente no será necesario.

**Módulo con Sustrato:** Adecuado para el cultivo de prácticamente cualquier planta, sobre todo aquellas de porte alto como el jitomate y de desarrollo subterráneo como el rábano. Consta de:

- Contenedor impermeable, de profundidad de 20 a 30 cm, con un orificio para que drene el exceso de agua.

- Sustrato inerte como perlita, grava, tezontle, fibra de coco, etc. Retiene la humedad, permite buena aireación y drenaje, además de servir de medio de anclaje para las plantas.
- El riego con solución nutritiva se recomienda 6 días a la semana, y el séptimo con agua para evitar la acumulación de sales minerales en el sustrato.

**Módulo NFT:** Adecuado para el cultivo de un gran número de hortalizas, principalmente de hoja. Consta de:

- Tanque de almacenamiento de solución nutritiva. Las dimensiones dependen de la cantidad de solución que requiera el sistema completo, no sólo este módulo, así que se eligió uno de 26 litros.
- Canales de cultivo de PVC rectangular de 11x9 cm con orificios distanciados 17 cm.
- Bomba de agua que permita la recirculación de la solución.
- Canastillas que soporten la planta durante su crecimiento, verificando que sea únicamente la raíz la que se encuentre en contacto con la solución nutritiva.

**Módulo de Germinación:** Adecuado para la germinación de semillas de casi cualquier planta. Consta de:

- Cilindros de foami agrícola con dimensiones que se adecuan a las de las canastillas de soporte.
- Charola de germinación plástica, de 2 a 3 cm de profundidad.

Como se mencionó en apartados anteriores, los factores a considerar incluyen la frecuencia de riego, la composición, pH y temperatura de la solución nutritiva, la temperatura ambiente y el tiempo de iluminación al cultivo. Los valores predeterminados que tiene el dispositivo, se obtuvieron con base en los parámetros conocidos para la lechuga, espinaca y jitomate. A través de la interfaz, el usuario puede modificarlos para mejorar las condiciones del huerto, sobre todo si las hortalizas cultivadas no son las propuestas.

**Frecuencia de riego:** Para los módulos de raíz flotante y NFT el riego con la solución nutritiva es constante, por lo que la frecuencia de riego en este caso se aplica únicamente al cultivo en sustrato e incluye las veces que debe aplicarse al día junto con la duración del mismo. Debido a que la hortaliza para la que se está pensando el sustrato es el jitomate, la frecuencia de riego predeterminada será:

- Veces al día: 3
- Duración: 5min

**Solución nutritiva:** Todas las hortalizas del sistema contarán con la misma solución nutritiva, por lo que sus principales factores deberán ser adecuados para todas las hortalizas del huerto:

- Composición: Los elementos esenciales son N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Mo, Cl, B y Fe. Todos son igualmente importantes y se encuentran en forma de compuestos, que son tomados o asimilados por la planta en forma de iones positivos (cationes) o negativos (aniones). La cantidad de cada uno de ellos en la

solución, determinará la facilidad con la que la planta los asimila.

- pH: Este término se refiere a la concentración de iones de Hidrógeno ( $H^+$ ), los cuales determinan el grado de acidez o basicidad de una solución. La escala de pH toma valores desde 0 (soluciones ácidas) hasta 14 (soluciones básicas), considerando neutros los valores de 5.5 a 7.5. Cualquier solución nutritiva que se encuentre fuera del rango neutro, fomenta la competencia entre elementos, lo que dificulta su absorción para la planta y genera estrés en sus raíces. Es por esta razón que debe mantenerse en un rango óptimo, entre 5.5 y 6.5, para que la planta los aproveche fácilmente.
- Temperatura: Es importante también controlar la temperatura de la solución nutritiva ya que ésta afecta directamente la electroconductividad. El rango predeterminado para ésta es entre 13 y 15°C, con el fin de prevenir la inhabilitación de elementos y una absorción reducida de nutrientes.

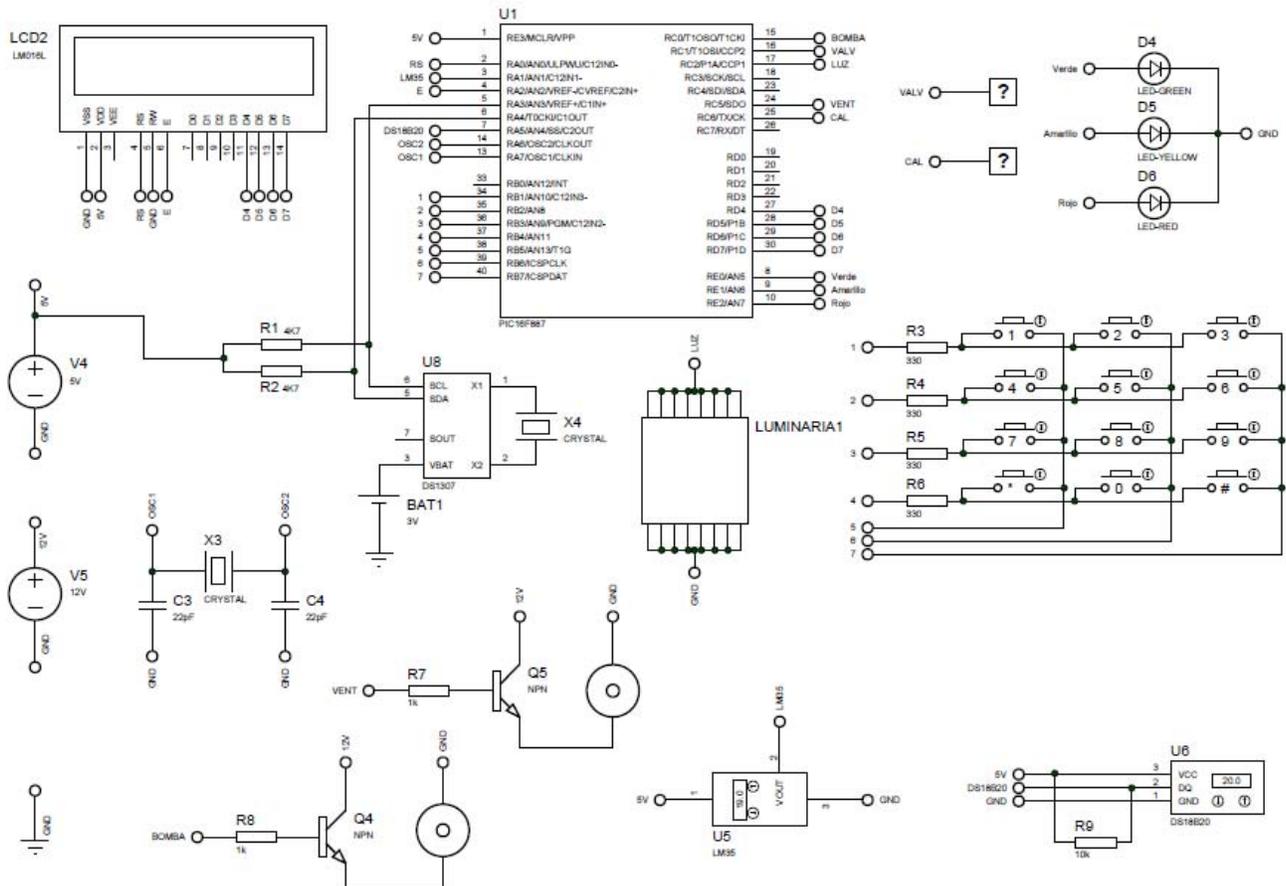
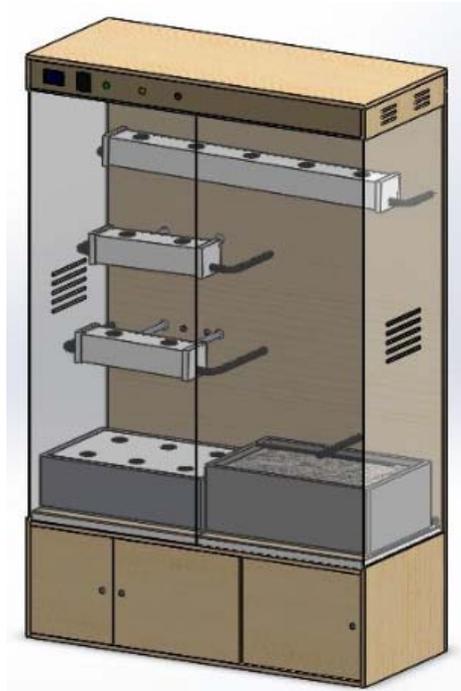
**Temperatura ambiente:** Este factor marca notablemente todos los procesos vitales de una planta, por lo que es de suma importancia mantenerlo en un rango que le permita desarrollarse óptima. El rango predeterminado es entre 18 y 20°C.

**Tiempo de iluminación:** Es importante que el sistema de iluminación brinde luz a la planta durante un largo período de tiempo, por lo que el valor predeterminado será de 16 horas al día.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un modelo tentativo de la geometría y disposición del dispositivo, que nos permite visualizar el mismo, con prácticamente todos sus elementos y componentes.

Se utilizó el software SolidWorks para el diseño mecánico, MPLab para el diseño del programa de control y Proteus-Isis para el diseño del circuito electrónico correspondiente, así como la simulación del funcionamiento general del sistema.

A continuación, las imágenes muestran tanto el diseño mecánico, como el diseño del circuito electrónico:



## Capítulo 9: Modelo de negocios

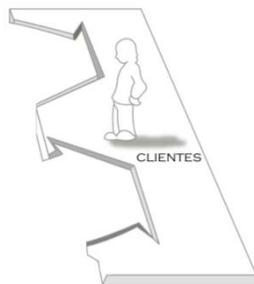
El modelo de negocios se planteó considerando el diseño propuesto junto con una estrategia para llevar al mercado un producto de calidad que tenga oportunidad de competir en él.

En esta sección se hace uso de una herramienta conocida como el lienzo de modelos de negocio (business model canvas), diseñada por Alex Osterwalder e Yves Pigneur (2010). Éste consiste en un formato que permite visualizar de manera explícita y sencilla la lógica del negocio desde un punto de vista integrado que entiende a la empresa como un todo.

El BMC (por sus siglas en inglés), se compone de nueve bloques; el correspondiente a nuestro proyecto se obtiene de las respuestas a las preguntas de cada uno de ellos:

### Segmentos de clientes

Los clientes son la base de nuestro modelo de negocios, por lo que se tiene que tener muy claro: ¿cuáles son nuestros segmentos de clientes más importantes? ¿a quiénes va dirigido nuestro producto? ¿hay varios segmentos de clientes interrelacionados? ¿quién nos compra?



Como se mencionó en el Capítulo 7, el mercado al que irá dirigido el producto incluye a todos los habitantes proveedores del ingreso familiar, que quieran disfrutar de los beneficios de contar con alimentos nutritivos de cosecha propia en el hogar, y que tengan el ingreso suficiente para invertir en un dispositivo como el propuesto.

### Propuesta de valor

Habla del problema que solucionamos para el cliente y cómo le damos respuesta con el producto o servicio de nuestra empresa, incluyendo la estrategia competitiva: ¿qué vendemos? ¿por qué nos compran?



El producto que se ofrece al cliente es un electrodoméstico que automatiza el proceso de la horticultura, que va acompañado de una forma diferente, innovadora y práctica de cultivar las mismas en interiores, permitiendo generar en el usuario nuevas experiencias que lo acerquen a la naturaleza.

## Canal

En este bloque se trata uno de los aspectos clave de cualquier modelo de negocio: ¿cómo vamos a entregar nuestra propuesta de valor a cada segmento de clientes? ¿cómo nos compran?



La idea es tener una línea telefónica, una página de internet y una aplicación para dispositivos móviles, que permita al cliente entrar en contacto con nosotros. Consideramos que la mejor publicidad se dará cuando los usuarios queden satisfechos con el producto y lo recomienden a sus familiares y amistades. También, tendríamos que empezar a anunciar el producto en páginas de internet relacionadas, por ejemplo.

## Relación

Este es uno de los aspectos más críticos en el éxito de un modelo de negocio: ¿qué relación mantendremos con nuestros clientes? ¿cómo vamos a hacer que nos compren más de una vez? El diseño de servicios en este punto es de vital importancia.



Cuando el cliente sienta la satisfacción de consumir lo que cosecha en su propia casa y de estar generando un cambio en el mundo con sus pequeñas acciones, lo va a presumir con sus conocidos y éstos querrán experimentar lo mismo. Los clientes quedarán satisfechos con el servicio y encontrarán la inversión en nuestro producto beneficiosa a largo plazo para su economía.

El servicio brindado al usuario no sólo incluiría la capacitación y mantenimiento que necesita para el buen manejo del producto, el soporte en caso de que falle y la adquisición de los consumibles y repuestos que requiere, sino que buscaríamos darle seguimiento continuo al desempeño del mismo, siguiendo de cerca si está o no cumpliendo con su función, con las necesidades del cliente y su satisfacción.

Además podría incluirse un plan de recuperación de excedentes, que en principio podríamos hacer nosotros y tratando de que se adquiriera la costumbre y conciencia en todos los usuarios, con la finalidad de que aquellos no se desperdicien y que sean aprovechados en comedores comunitarios, refugios o lugares similares.

## Flujo de ingresos

A la hora de diseñar la estrategia de ingresos se suele optar casi siempre por la venta directa; sin embargo, debe tenerse en

cuenta que existen otras propuestas de modelos innovadores de negocios que pudieran ser más adecuadas para nuestro producto. De cualquier manera, la pregunta clave en este punto es: ¿cuánto vamos a vender en un año?



Suponiendo un total de 1 419 000 hogares potenciales en la Ciudad de México, pensamos que para el primer año podríamos llegar a un 0.1% de ellos (cerca de las 1 500 unidades). Esto debido principalmente a que el concepto del producto es relativamente nuevo y aún desconocido por un alto porcentaje de la población. Se esperaría aumentar este porcentaje para los años posteriores.

### Recursos clave

Para llevar nuestra propuesta al mercado debemos realizar una serie de actividades. Una de las más claras es el hecho de consumir diversos recursos. En éste apartado se describen los principales recursos necesarios, así como tipo, cantidad e intensidad. ¿Qué recursos son indispensables para producir y vender?



Los recursos clave son la solución nutritiva, las semillas, el dispositivo en sí, además del personal capacitado para realizar las actividades clave, las herramientas que necesitan, el lugar de trabajo (almacén u oficina) y el vehículo para llevar el producto a los usuarios.

### Actividades clave

De manera similar al punto anterior, para entregar la propuesta de valor debemos llevar a cabo una serie de actividades que incluyen los procesos de producción y mercadotecnia, entre otros. ¿Qué actividades son indispensables para producir y vender?



Las actividades clave incluyen la compra de los materiales para construir el mueble, compra de los componentes electrónicos y otras piezas comerciales, el ensamble de todas las piezas, publicidad y desarrollo de la página de internet y la aplicación móvil, la atención al cliente y el control de calidad.

### Alianzas

Aquí se definen las relaciones clave necesarias para ejecutar nuestro modelo con garantías, que complementen nuestras capacidades y potencien nuestra propuesta de valor, optimizando de esa forma los

recursos consumidos y reduciendo la incertidumbre. ¿Qué relaciones son indispensables para producir y vender?



Una de las más importantes es la mantenida con nuestros proveedores, que es básica para poder desarrollar nuestro producto con las especificaciones que tiene el diseño y desarrollarlo en los tiempos establecidos. También es necesario mantener una buena relación con todo el equipo de trabajo: una buena relación propicia un buen ambiente de trabajo, y éste a su vez hace que las personas se sientan a gusto, que trabajen con buen ánimo y que lo hagan mejor. Por otro lado, consideramos que la más importante es la relación que se tenga con las personas

ajenas a la empresa para que crean en nuestra propuesta, en nuestro producto, en nosotros, y que quieran formar parte del cambio que estamos buscando.

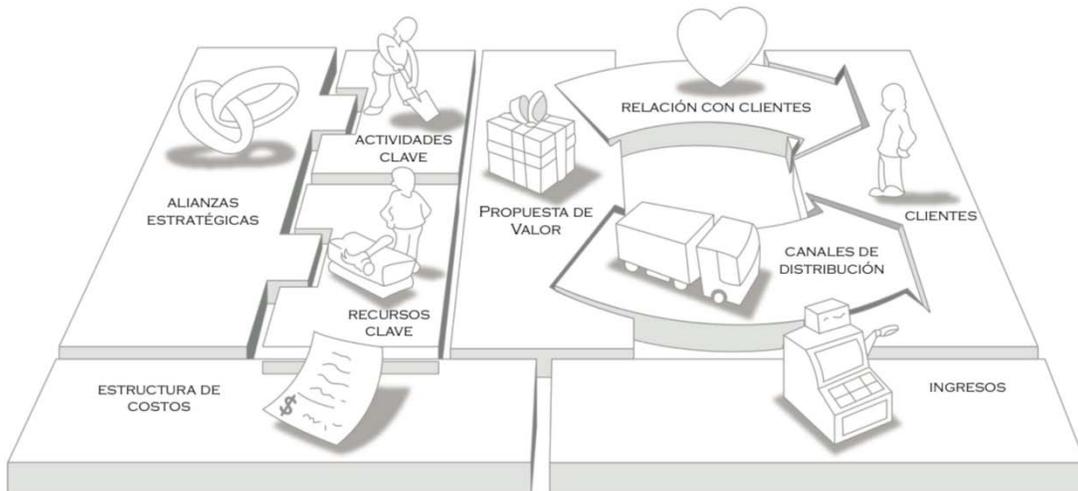
### Estructura de costos

Se trata de conocer y optimizar los costos, basándose en los recursos y actividades claves: ¿cuánto cuesta al año producir y vender nuestro producto?



El cálculo de la estructura de costos a grandes rasgos, considerando los gastos indispensables y ganancias esperadas para el primer año de operación del negocio que comercializa el producto propuesto, suponiendo una producción inicial de 1 500 unidades.

A partir de estos puntos, se construye el BMC. La figura 9.1 muestra el correspondiente a nuestro proyecto.



Las siguientes tablas nos muestran el desglose de la estructura de costos propuesta como un ejercicio inicial. Los conceptos principales a cubrir son los siguientes:

- a. Costo de los componentes utilizados: la tabla nos muestra todos los componentes a utilizar en las diferentes configuraciones y su costo, obtenido comparando tiendas comerciales y a nivel menudeo. Este costo deberá mejorar una vez que se implemente una producción masiva y se cuente con proveedores a nivel mayoreo.
- b. Servicios: tomamos en cuenta los básicos que se requieren para tener una operación efectiva y económica. Los costos se obtuvieron vía internet tras decidir la zona para establecernos y comparar rentas.
- c. Mantenimiento: dentro del monto que los encuestados aceptaron y tomando en cuenta las 1500 unidades estimadas de venta anual.
- d. Sueldo: acordados por los 2 socios a falta de ser aceptado por los empleados. Cantidad de empleados tomando en cuenta una operación ya establecida y a capacidad total.
- e. Servicios con terceros: básicos para contar con un lugar de trabajo en condiciones adecuadas y un empleado dedicado a la correcta ejecución de las normas gubernamentales.
- f. Otros gastos: enfocados a la distribución del producto, considerando costos promedio y distancias dentro del mismo estado; un envío al interior de la república tendría q considerarse como especial.
- g. Inversión inicial: los conceptos analizados en este rubro, se consideran básicos para poder comenzar la operación. Herramientas para garantizar el servicio de mantenimiento, movilidad y refacciones.
- h. Costo de operación: se toman en cuenta conceptos previamente analizados tales como, servicios, servicios con terceros y otros gastos al nivel más bajo.
- i. Costo de producción: se analizó exclusivamente por módulo debido a los diferentes componentes que utiliza uno u otro. El monto mensual se obtuvo tomando en cuenta los 125 módulos a producir, entre las 7 diferentes versiones con las que se cuentan.
- j. Costo de venta: toma en cuenta el costo de producción por módulo como base y agrega un 7% de ganancia; monto establecido en mutuo acuerdo por los socios.
- k. Ganancia anual: se analizan todas las percepciones que se tienen y se restan todos los gastos en los que incurrimos; de esta manera, el resultado obtenido se divide entre ganancia anual y ganancia neta.

## Estructura de costos

### a. Costo de los componentes utilizados

Componente	Costo unitario
<b>Estructura</b>	
Ventilador (8x8cm, 12V)	\$30.00
Sensor de temperatura ambiente	\$29.00
Sensor de temperatura de la solución	\$150.00
Pantalla interfaz	\$380.00
Teclado interfaz	\$78.00
Luminaria (LED )	\$200.00
Microcontrolador	\$70.00
Bomba de agua (1200L/h, 2m)	\$255.00
Tubo PVC rectangular (11x9cm)	\$93.99
Tapa para ducto de PVC	\$9.80
Canastilla hidropónica plástica (5x5cm)	\$4.50
Contenedor plástico (43x28x32cm, 26L)	\$119.00
Contenedor plástico (60x40x17)	\$130.00
Contenedor plástico (60x40x22)	\$140.00
Cilindros de Foami agrícola (4.3x5cm)	\$2.60
Lámina de unicel (2cm ancho)	\$14.80
Sustrato mineral (costal perlita de 100L)	\$108.00
Electroválvula (½", 12V)	\$139.00
Gotero turbulento (4L/h)	\$3.85
Manguera (HDPE 60, ½")	\$55.00
Codo para manguera (½")	\$2.40
Pieza T para manguera (½")	\$2.40
Tablas de MDF	\$265.13
Lámina de Policarbonato	\$180.00
Otros componentes electrónicos	\$200.00
Otros componentes mecánicos	\$80.00
Ruedas para base móvil	\$13.50
Total	

### b. Servicios

Concepto	Costo unitario	Cantidad	Total al mes	Total al año
Renta de mini bodega	\$1,000.00	1	\$1,000.00	\$12,000.00
Oficina	\$5,000.00	1	\$5,000.00	\$60,000.00
Agua	\$60.00	1	\$60.00	\$720.00
Luz	\$120.00	1	\$120.00	\$1,440.00
Internet/Teléfono	\$400.00	1	\$400.00	\$4,800.00
Total			\$6,580.00	\$78,960.00

**c. Mantenimiento**

<b>Concepto</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total al mes</b>	<b>Total al año</b>
Cobro Mantenimiento Mensual	\$350.00	125	\$43,750.00	\$3,412,500.00
Total			\$43,750.00	\$3,412,500.00

**d. Sueldo**

<b>Concepto</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total al mes</b>	<b>Total al año</b>
10 empleados de mantenimiento	\$4,000.00	10	\$40,000.00	\$480,000.00
Ingeniería + Diseño + Manufactura	\$8,000.00	2	\$16,000.00	\$192,000.00
Total			\$56,000.00	\$672,000.00

**e. Servicios con terceros**

<b>Concepto</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total al mes</b>	<b>Total al año</b>
Limpieza	\$300.00	4	\$1,200.00	\$14,400.00
Contabilidad	\$1,200.00	4	\$4,800.00	\$57,600.00
Total			\$6,000.00	\$72,000.00

**f. Otros gastos**

<b>Concepto</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total al mes</b>	<b>Total al año</b>
Logística	\$50.00	125	\$6,250.00	\$75,000.00
Transporte	\$200 - \$500	125	\$25,000 - \$62,500	\$300,000 - \$750,000
Total			\$32,250 - \$72,830	\$387,000 - \$874,000

**g. Inversión inicial**

<b>Concepto</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>	<b>Total al año</b>
Moto de trabajo	\$14,499.00	10	\$144,990.00	\$144,990.00
Caja transportadora para moto	\$430.00	10	\$4,300.00	\$4,300.00
Combo medidor de Ph y Ce Conductividad Hm digital Phmetro Sp0	\$1,267.00	10	\$12,670.00	\$12,670.00
Reemplazo componentes	\$500.00	10	\$5,000.00	\$60,000.00
Total			\$166,960.00	\$221,960.00

**h. Costo de operación**

<b>Concepto</b>	<b>Total al mes</b>	<b>Total al año</b>
Por módulo	\$32,838.00	
Por mes	\$100,830.00	
Por año		\$1,197,960.00

### i. Costo de producción

Concepto	NFT	Sustrato	Raíz	Raíz + NFT
Por módulo	\$2,622.53	\$2,782.95	\$2,536.95	\$2,759.93
Por mes	\$47,205.54	\$50,093.10	\$45,665.10	\$49,678.74
Por año	\$561,221.42	\$595,551.30	\$542,907.30	\$590,625.02
	<b>Sustrato + NFT</b>	<b>NFT + Sustrato + Raíz</b>	<b>NFT + Sustrato + NFT + Raíz</b>	
	\$2,992.74	\$3,605.67	\$3,820.26	
	\$53,869.32	\$64,902.06	\$68,764.68	
	\$640,446.36	\$771,613.38	\$817,535.64	
Total				\$4,519,900.42

### j. Costo de venta

Concepto	NFT	Sustrato	Raíz	Raíz + NFT
Por módulo	\$2,832.33	\$3,005.59	\$2,739.91	\$2,980.72
Por mes	\$50,981.98	\$54,100.55	\$49,318.31	\$53,653.04
Por año	\$606,119.13	\$643,195.40	\$586,339.88	\$637,875.02
Total				
	<b>Sustrato + NFT</b>	<b>NFT + Sustrato + Raíz</b>	<b>NFT + Sustrato + NFT + Raíz</b>	
	\$58,178.87	\$70,094.22	\$74,265.85	
	\$1,047,219.58	\$1,261,696.05	\$1,336,785.38	
	\$12,450,277.24	\$15,000,164.11	\$15,892,892.84	

### k. Ganancia anual

Concepto	Total al mes	Total al año
Ventas	\$ 30,132.67	\$361,592.03
Mantenimiento	\$ 284,375.00	\$3,412,500.00
Sumatoria	\$ 314,507.67	\$3,774,092.03
Total		\$3,774,092.03

Concepto	Gastos	Ganancia Total
Ganancia Bruta		\$3,774,092.03
Costo de Operación	\$1,197,960.00	
Inversión Inicial	\$ 221,960.00	
Otros Gastos	\$ 387,000.00	
Servicios con terceros	\$ 72,000.00	
Sueldos	\$ 672,000.00	
Servicios	\$ 78,960.00	
Ganancia Neta		\$1,144,212.03

# Lienco de Modelo de Negocios

Diseñado por: Pedro A. Arroyo y Fernanda López

<p><b>Asociaciones Clave</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proveedores</li> <li>- Usuarios</li> <li>- Inversionistas</li> <li>- Trabajadores</li> </ul>	<p><b>Actividades Clave</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compra de materiales</li> <li>- Ensamblaje</li> <li>- Atención al cliente</li> <li>- Control de calidad</li> <li>- Desarrollo de página de internet y aplicación móvil</li> </ul>	<p><b>Propuesta de Valor</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrodoméstico de horticultura semiautomatizada</li> <li>- Satisfacer la necesidad de alimentación</li> <li>- Consumo de alimentos saludables de mejor calidad</li> <li>- Diseño innovador</li> <li>- Acercamiento a la naturaleza</li> <li>- Menos desperdicio de agua en el proceso</li> </ul>	<p><b>Relaciones con Clientes</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación constante</li> <li>- Garantía</li> <li>- Servicio</li> <li>- Mantenimiento</li> <li>- Soporte técnico</li> </ul>	<p><b>Segmentos de Mercado</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proveedores del ingreso familiar</li> </ul>
<p><b>Recursos Clave</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacén/Oficina</li> <li>- Herramientas</li> <li>- Ingenieros</li> <li>- Consumibles</li> <li>- Vehículo de transporte</li> </ul>		<p><b>Canales</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicidad</li> <li>- Página de internet</li> <li>- Aplicación móvil</li> <li>- Telefonía</li> </ul>		
<p><b>Estructura de Costes</b> </p> <p>Ganancia neta de la empresa al año:</p> <p>\$1,144,212.03</p>		<p><b>Fuentes de Ingresos</b> </p> <p>Venta de 1 500 unidades + venta de consumibles + mantenimiento mensual =</p> <p>\$3,774,092.03</p>		

Figura 9.1 BMC del proyecto propuesto

## **Capítulo 10: Resultados, conclusiones y trabajo a futuro**

### **10.1 Resultados**

Nos enfocamos a compartir de manera objetiva un breve análisis enfocado en los conceptos principales más allá de toda la información y detalle compartido, como marco de referencia. En este sentido el dispositivo, las encuestas, los cultivos y los costos, son el foco de revisión.

Las encuestas realizadas a familiares y amigos nos arrojaron resultados que nos indicaron el camino a seguir en términos de diseño, ingeniería, costos y los cultivos que debe proporcionar el módulo para satisfacer las necesidades. Somos conscientes que el decil promedio que se presenta en la encuesta es alto tomando en cuenta la gran mayoría de la población mexicana, sin embargo, es un riesgo calculado y de ahí que el volumen de producción anual es bajo. A pesar de esta situación, el ejercicio realizado resultó bastante satisfactorio monetariamente hablando, pero se ahondará más en ese tema más adelante.

Uno de los datos al que más peso se le otorgó al momento de revisar las encuestas, fue el gasto mensual promedio que invierte la gente en la compra de frutas y verduras. La salud es un problema mundial que se incrementa día a día y nuestra propuesta obtuvo muy buena aceptación con los encuestados y cada uno de ellos mostró gran interés en él; inclusive, varios de ellos mencionaron desconocer por qué no existe algún dispositivo actualmente en el mercado que ofrezca esta solución.

Adentrándonos en el dispositivo, el foco de atención se centró en el diseño, manufactura e ingeniería. El diseño sufrió varias modificaciones a través de todo el trabajo de investigación, principalmente debido a las adaptaciones hechas al mismo para mejorar su funcionalidad y ayudar a una manufactura sencilla pero sólida; en ocasiones, uno como ingeniero quiere plasmar su experiencia y su innato espíritu por la innovación resultando en una sobre ingeniería que no necesariamente es funcional, aunque sí vistosa. De esta manera, con base en los resultados de las encuestas el módulo tiene dimensiones que se adaptarían al 100% de las sugerencias hechas por el usuario objetivo, y funcionalmente hablando la adaptabilidad del diseño cumple con las expectativas de los cultivos que obtuvieron el mayor porcentaje de demanda.

Dado que un principio fundamental de nuestro trabajo de investigación es la sustentabilidad de las familias y la obtención de cultivos nutritivos en la comodidad de nuestro hogar, el diseño del módulo está totalmente enfocado a que el cultivo y su cosecha se puedan realizar de manera sencilla, rápida y práctica. Siempre tomando en cuenta que el usuario prioriza un cultivo de calidad y accesible al bolsillo, los materiales seleccionados para la construcción del módulo se basaron en la mejor relación costo/beneficio; misma que fue hallada con base en una justificación mecánica y a los costos promedio que se obtienen del mercado. En este sentido, como oportunidad de mejora a corto plazo, ya contando con un poco más de experiencia y un mercado establecido, encontramos la posibilidad de trabajar directamente con los proveedores y con un volumen estable que nos proporcione la posibilidad de reducir los costos; se tiene

bien claro que hoy en día la mejora continua es el modelo que guía a las empresas al éxito.

Este enfoque también se traslada a los usuarios, haciendo de su conocimiento que las capacidades del módulo y los alcances que puede llegar a tener, basan gran parte de su éxito en el aprendizaje y experiencia que ellos mismos estén dispuestos a obtener. Más allá de las condiciones óptimas que nuestro módulo intenta ofrecerle al usuario, el interés y dedicación que ellos tengan con el cultivo y el dispositivo sentará las bases para la obtención del mayor beneficio posible.

Como parte esencial del proyecto, encontramos que la mecatrónica juega un papel fundamental en la integración del análisis mecánico y la manufactura realizada. A pesar de contar con procesos de manufactura muy sencillos por el enfoque funcional que se priorizó y la selección de materiales durables y confiables, el eslabón que otorga valor agregado al dispositivo es el diseño mecatrónico que nos dio la oportunidad de lograr un sistema semiautomático amigable al usuario. El circuito utilizado y las funciones, tal vez no resulten sumamente complejas pero sí muy efectivas, siempre apegándonos a la premisa establecida inicialmente. La simulación que se llevó a cabo del sistema, nos otorgó resultados satisfactorios, otorgándonos la certeza de poder llevar a cabo un proyecto funcional y acorde a las expectativas de los usuarios y consumidores.

Internándonos en temas monetarios y económicos, podemos obtener un análisis breve de los beneficios que encontramos en el dispositivo, tomando en cuenta que de querer analizar a fondo el ejercicio realizado, en el desarrollo del trabajo de

investigación se encuentra un apartado con todo el detalle que sustenta y avala los resultados finales.

La siguiente tabla comparativa, nos arroja números fríos del beneficio que otorga el dispositivo, tomando en cuenta el módulo más sencillo y el más completo disponibles, y el consumo promedio por hogar obtenido vía la encuesta:

Tabla 10.1 Comparativa de inversiones

Dispositivo	Inversión inicial	Inversión mensual	Inversión final
Módulo de Raíz Flotante	\$2,536.95	\$350.00	\$6,386.95
Módulo de NFT + Raíz + NFT + Sustrato	\$3,820.26	\$350.00	\$7,670.26
Consumo promedio x encuestado	\$1,042.50	\$1,042.50	\$12,510.00

Tomando en cuenta que el dispositivo no cubre el 100% de las necesidades, con base en las encuestas realizadas, haciendo un cálculo y sacando un promedio del consumo por casa en comparación a la cantidad de cultivo que obtenemos del dispositivo, conseguiremos recabar los datos necesarios para conocer el beneficio real. Tomamos en cuenta las 3 hortalizas que el 75% de los encuestados considera como básicas en su consumo mensual, para tener una tabla representativa. Los cultivos considerados son los siguientes:

- 2 espinacas
- 30 jitomates
- 6 lechugas

La comparación nos ayudará a obtener datos con un ejercicio más apegado a la realidad, basado en la obtención tangible del cultivo del dispositivo y lo confirmado por los encuestados. De esta manera podremos palpar el beneficio existente del dispositivo con datos verídicos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

*Tabla 10.2 Comparativo del costo de las hortalizas obtenidas con el dispositivo y el costo de las mismas en un supermercado. Las letras L se refieren a lechugas, E a espinacas y J a jitomates*

Dispositivo	Cantidad de Cultivo	Costo	Total
<b>Módulo de Raíz Flotante</b>	3L	\$0.0153 L	\$0.0459
<b>Módulo de NFT + Raíz + NFT + Sustrato</b>	8E+30J+ 3L	\$0.0153 L + \$5.04 J + \$0.02 E	\$0.16E + \$0.0459L + \$15.12J = \$15.3259
<b>Consumo promedio x encuestado</b>	2E+30J+ 6L	\$6.00 E \$22.90 J \$9.00 L	\$12.00E + \$68.7J + \$54.00 0 = \$134.7

La tabla anterior nos arroja costos comparativos, exclusivamente hablando de las hortalizas, sin tomar en cuenta el costo del módulo. La relación costo/beneficio es claramente a favor del cultivo cosechado con el dispositivo, en comparación con el que podemos adquirir en el supermercado. Sin embargo, con la finalidad de obtener el valor real del gasto, el costo de éste será incluido en la Tabla 10.3.

Como podemos apreciar, ya que se incluyen los costos totales en los que incurriría el usuario, el primer año tendría un gasto mucho mayor al que actualmente tiene, debido a la compra del dispositivo y

al mantenimiento que se le cobra mensualmente; sin embargo, para el segundo año, ya que se excluyen los costos mencionados, la reducción en el gasto es muy significativa. ¿Por qué se excluyen estos costos? El primer año se incluyen los mantenimientos mensuales, debido a la capacitación que se le da al usuario nuevo, sin embargo, no consideramos necesario continuar de la misma manera para los años consecuentes y uno al año debería de ser más que suficiente y sólo en caso que el usuario lo requiera; por tal motivo, es que se omite este monto y el beneficio que arroja el módulo es insuperable.

*Tabla 10.3 Comparativa del beneficio que representa el dispositivo los primeros dos años*

Dispositivo	Costo	1 <sup>er</sup> Año	2 <sup>o</sup> Año
<b>Módulo de Raíz Flotante</b>	\$2,536.95 +\$350.00 +\$0.0459	\$6,737.50	\$0.5508
<b>Módulo de NFT + Raíz + NFT + Sustrato</b>	\$3,820.26 +\$350.00 +\$15.3259	\$8,204.17	\$183.9108
<b>Consumo promedio x encuestado</b>	\$134.7	\$1,616.4	\$324.00 \$1,681.056
<b>Beneficio</b>		76%/80%	-99%/-89%

Recapitulando los objetivos planteados, podemos conocer los alcances y metas cumplidas de nuestro proyecto:

- Proponer un sistema automático que optimice el proceso de la producción de alimentos agrícolas (horticultura) de autoconsumo de las familias en los hogares de la Ciudad de México.

Como tal, no se logró alcanzar un sistema automático al 100%

debido a algunos inconvenientes que se encontraron a lo largo del desarrollo. Dichos inconvenientes nos llevaron a obtener un dispositivo semiautomático, que consideramos estar a un 80% del alcance total del objetivo inicial.

Parte de las barreras con las que nos topamos incluyen, la no inclusión del sensor de pH y conductividad debido al incremento considerable de costos que impactaba directamente en el resultado final del proyecto y que seguramente alejaría a la mayoría de los consumidores al volverse un producto nada accesible y prohibitivo hasta cierto punto, alejándonos de la meta de sustentabilidad y ayuda económica al hogar.

Una vez que se completó la investigación de los diferentes sistemas de riego a utilizar y se comprendió por completo el funcionamiento y proceso a seguir, otra barrera para obtener un producto automatizado la encontramos al apreciar que para poder llevar a cabo la plantación, de un inicio el usuario debe hacer trabajo manual para colocar la semilla en los cilindros de Foami y posteriormente realizar el trasplante al sistema de riego adecuado para ellas; una vez terminado este proceso el dispositivo funcionará de manera automática y el usuario únicamente tendrá que estar pendiente del correcto funcionamiento y del mantenimiento recomendado para ello.

- Complementar la dieta de los usuarios para ayudar a satisfacer la

necesidad de alimentación, la cual es de las necesidades básicas que se tienen que cubrir para el bienestar personal.

El objetivo fue alcanzado de manera satisfactoria. El análisis económico que realizamos nos entregó que el dispositivo, aun estando fuera del rango de precios sugerido por los encuestados, otorga un beneficio económico anual bastante considerable si se compara directamente con el monto de gasto mensual promedio de los posibles usuarios. El complemento de la dieta que se buscaba de un inicio está garantizado y la sostenibilidad del dispositivo claramente impactará en el beneficio de la economía de los hogares.

- Mejorar de forma considerable la calidad de vida de quien lo disfrute, sin importar la edad o condición del usuario.

Se logró diseñar un dispositivo amigable con el usuario vía un sistema de control muy sencillo de comprender y utilizar. Cualquier usuario que se de la oportunidad de leer el instructivo y unos minutos al día, será capaz de interactuar y manipular los módulos a su conveniencia y necesidad, logrando así aumentar su calidad de vida obteniendo los productos deseados, en su hogar y con un alto grado de confianza al haber sido él mismo el que los cultivó y cosechó. La satisfacción luce garantizada en este aspecto y el objetivo se cumple cabalmente.

- Aprovechar los recursos disponibles de manera eficiente y sustentable,

para evitar el desperdicio o mal manejo de los mismos.

Al obtener un dispositivo modulable y práctico, el usuario podrá explotar las capacidades del mismo hasta donde él crea conveniente y adecuado con base en sus necesidades. Esta capacidad de adaptación y relación usuario/dispositivo, tiene como resultado el total aprovechamiento de los recursos con los que dispondrá el usuario; si tomamos en cuenta, que cada una de las personas que adquieren el dispositivo tiene identificado su consumo promedio y qué producto es el que desean al alcance de forma segura y regular en la comodidad de su hogar, el desperdicio de alimento y gasto mal invertido se verá claramente disminuido. Cada hogar tendrá a su disposición el producto deseado en la cantidad y tiempo que se requiera.

- Fomentar el contacto y la relación entre el usuario, sus cultivos y la naturaleza.

Cuando uno va al supermercado o al mercado en busca de alimento, verdura y fruta, se sabe consciente de comprar un producto ya procesado y empaquetado, pero no se tiene la certeza de su procedencia, de su cultivo y cosecha o del cuidado en el manejo que se le dio desde un inicio al ser plantado hasta el momento en el que uno lo adquiere en un establecimiento. La cercanía que tendrá el usuario con el alimento seleccionado para cultivar, le otorga la satisfacción de saber que el

producto que finalmente obtendrá fue fruto de su elección y cuidado, resultando en un aprovechamiento del dispositivo que adquirió con la confianza de poderlo consumir a sabiendas de ser 100% natural y con la calidad deseada. Esta interacción genera y fomenta el respeto y apreciación a sus cultivos y a la naturaleza en general, que siendo optimistas, podrá extrapolar a otros rubros de su vida diaria.

## **10.2 Conclusiones**

Existen varias conclusiones que obtuvimos tras analizar todo el trabajo de investigación, proceso de diseño y análisis de costos, que consideramos valiosas y oportunas en busca de mejorar y hacer más eficiente tanto el dispositivo como el proyecto en general.

Como todo proyecto que inicia, no fue sencillo el estudio y análisis realizado, varias dificultades se nos presentaron pero afortunadamente con base en trabajo y esfuerzo se logró completar el estudio de manera satisfactoria. Lo más complicado que se nos presentó recayó en la definición del diseño, siempre buscando la funcionalidad como premisa, sufrió infinidad de cambios desde que se inició con la lluvia de ideas hasta el resultado final. Consideramos que el error inicial se debe a que el diseño buscaba que la forma hiciera la función, en lugar de la función hacer la forma; los conceptos y procesos de los cultivos se tenían claros, pero resultaba muy complicado hacer que su funcionamiento fuera el adecuado y tener un control del mismo al estar buscando que se adaptaran el diseño futurista y vistoso con el que contábamos. Una vez que

podimos observar nuestro error, las siguientes propuestas de diseño cada vez eran más sencillas y se apegaban más a los requerimientos de los procesos de cultivo; afortunadamente el ego, que por naturaleza presenta un ingeniero al querer innovar y ser vanguardista, disminuyó y aceptamos las capacidades y limitaciones que tendríamos para poder contar con un dispositivo que sacrifica en vanguardia pero gana en funcionalidad.

Otra vicisitud a la que nos enfrentamos se presentó directamente en la manufactura propuesta para el dispositivo; una vez definido el diseño, el cómo y con qué, nos tomó más tiempo del que hubiéramos deseado. Aunado a la definición de los materiales, la obtención de los mismos al mejor costo posible sin tomar en cuenta materiales al mayoreo, resultó mucho más complicado; de hecho, si tomamos en cuenta los costos propuestos por dispositivo, se encuentran todos por encima de los propuestos por los encuestados. Este es un tema a trabajar en el futuro cercano, por el momento no es de mayor preocupación ya que consideramos que con una empresa y proyecto mejor establecidos, los costos disminuirán y tendremos una mejor selección de proveedores para ofrecer beneficios y mayor competitividad.

Somos conscientes que el mercado sería muy pequeño de un inicio, pero la mejor publicidad que puede tener un producto nuevo, innovador y eficiente, es la publicidad de boca en boca que estamos seguros tendría el dispositivo. Si analizamos rápidamente el beneficio de costo mostrado previamente, la innovación del dispositivo sin competencia directa en el mercado y la posibilidad de contar con él dentro del hogar utilizando un espacio reducido, la inversión vale la pena y será

altamente redituable en muy poco tiempo; consideramos que la clave al éxito es ver el dispositivo como una inversión, no como un gasto.

Ya se habló previamente de los objetivos trazados en un inicio, sin embargo, consideramos adecuado resaltar que dejando de lado el incumplimiento de un dispositivo automático, el resto de ellos fueron cumplidos y hasta superados, lo que nos indica tener un proyecto y producto que cumpliría con las expectativas de los futuros usuarios; nosotros como líderes de proyecto, diseñadores e ingenieros, estamos muy satisfechos con el resultado final y muy optimistas del futuro inmediato y de poder lograr el cambio deseado.

### **10.3 Trabajo a futuro**

Existen varias áreas de oportunidad y crecimiento que identificamos conforme íbamos avanzando en el desarrollo y diseño del dispositivo. A continuación compartimos las ideas que consideramos le darían un mayor valor agregado al producto y lo catapultarían a un nivel superior de ingeniería y automatización, logrando mayor nivel de confort y personalización.

Hoy en día, el mercado se ha volcado con las comunicaciones digitales y la gente se ha vuelto hasta cierto punto dependiente de sus gadgets y dispositivos personales. La interacción usuario/dispositivo y vida personal tienden a ser cada vez más estrechas y uno no puede ser ajeno a la tendencia y debe adaptarse a ella para no quedar en el olvido. En este sentido, integrar al sistema una aplicación móvil para monitorear y manipular el módulo a distancia, le otorgaría una plusvalía y una mayor aceptación con un mercado joven; aunado

a esta situación, la aplicación incrementa las capacidades del dispositivo e incrementa la confianza que le brinda al usuario de poder saber qué sucede en cualquier momento y poder manipular el cultivo de su elección, brinda una experiencia de personalización que hoy en día es muy solicitada en el mundo tecnológico.

Otro sistema que otorgaría beneficios al usuario en situaciones extremas de medio ambiente, es la integración de un control de plagas que mantenga sano y bajo control el cultivo sin tener que adquirir fumigantes externos al dispositivo, que hasta podrían poner en riesgo al cultivo y al consumidor. Se habla de situaciones extremas de ambiente, debido a que el dispositivo se encuentra casi totalmente aislado del exterior, teniendo únicamente unas rejillas de recirculación de aire y tomando en cuenta que el usuario promedio dedicará parte de su tiempo para el cuidado del cultivo, un usuario pendiente y alerta, detectaría cualquier indicio de agente externo y tomaría la precaución debida para eliminarlo o extraerlo. Es precisamente este último detalle el que otorgaría valor al control de plagas, otorgando mayor libertad de acción al usuario dejando que el sistema se haga cargo de la revisión y alerta de agentes externos.

Al momento del cierre del proyecto, dentro del plan de negocios y apegado a un estricto control y monitoreo del dispositivo, se implementó una revisión mensual de mantenimiento dentro de la cual se tiene contemplada la revisión continua de pH para evitar que el cultivo crezca sin los nutrientes adecuados y pierda propiedades nutricionales. Mediante un sistema de control de pH, esta revisión mensual puede resultar mucho más sencilla y espaciada

de lo que se propone inicialmente, ya que con base en la investigación realizada, sabemos que el pH se puede regular automáticamente vía la mezcla idónea de nutrientes en la solución; así, obtendríamos aún mayores beneficios nutricionales, al sistema poder monitorear qué nutriente se necesita y cuál debe disminuir su concentración, en busca de una solución nutritiva óptima.

Una propuesta distinta sería que en lugar de comprar el producto como un electrodoméstico, el sistema se incluya durante la construcción de la vivienda, colocándolo en un lugar estratégico que le permita aprovechar la luz solar y el viento para el desarrollo del cultivo, disminuyendo el consumo de energía eléctrica.

Hasta este momento las ideas que se han planteado han estado enfocadas, exclusivamente en la búsqueda de un dispositivo totalmente automatizado, enfocado al usuario, con tecnología de punta con la mira en hacer más simple y sencilla su vida y que éste sólo disfrute de los beneficios que le otorga el dispositivo con un mínimo de atención y cuidado. Por qué no implementar la realidad aumentada para una mayor interacción, donde el usuario pueda visualizar el módulo con los frutos deseados ya cultivados y próximos a cosechar, de esta manera puede observar que tal vez lo que deseó en un inicio quiera cambiarlo hasta lograr la combinación ideal; un mundo de personalización al alcance de la mano.

Dejando de lado la implementación de las últimas tecnologías, un enfoque más terrenal y beneficioso, no sólo para algunas privilegiadas familias si no para la mayor parte de la población, sería la implementación del dispositivo en pequeñas comunidades. A comunidades

nos estaríamos refiriendo a un pequeño conjunto de casas, a un condominio, un departamento o hasta alguna pequeña área común donde se tenga alcance a una mayor cantidad de beneficiarios.

Recordar que el enfoque primario del trabajo de investigación, es apoyar la economía familiar vía un acercamiento a la naturaleza mediante un dispositivo de cultivo; por qué no tener una visión aún más amplia de los beneficios y alcances, y lograr una expansión de mercado donde podamos llegar a más personas y que

éstas observen y palpén los beneficios del dispositivo, ayudando a crear consciencia en la gente acerca del camino destructivo que siguen los grandes consorcios capitalistas que nosotros como consumidores mantenemos y fomentamos. Acercarnos más a lo que la tierra nos brinda, rescatar valores perdidos de respeto al medio ambiente y aprender a convivir y complementar un mundo tecnológico, con necesidades básicas que debemos satisfacer.

## Anexos

### A. Agricultura urbana

Se conoce como agricultura urbana a la práctica del cultivo de plantas (ornamentales, medicinales, hortalizas...) en las ciudades. En este proyecto nos enfocaremos a la horticultura, es decir, al cultivo de hortalizas. Dentro de las hortalizas se consideran a las plantas que se cultivan generalmente en huertos y se consumen como alimento, ya sean crudas o cocinadas. Son alimentos de sabor agradable y de fácil digestión. Son fundamentales en la elaboración de una dieta equilibrada, recomendándose su consumo en estado fresco, ya que son la principal fuente de vitaminas y minerales, y que muchas veces no podemos consumir en forma adecuada por su disponibilidad. El huerto urbano nos permite además tener un espacio verde y agradable que acerca al ser humano con la tierra y la naturaleza.

Para entender el papel actual de la agricultura urbana (AU) es necesaria una revisión histórica de sus funciones y características, estudiando los motivos de su implantación, su sentido, evolución y potencialidades. Los momentos de mayor auge de ésta están ligados a crisis económicas y energéticas, que obligan a recurrir a ella para asegurar el abastecimiento propio. Los huertos urbanos históricamente han jugado un papel de respuesta urgente ante el colapso, pero sin tener que llegar a ese punto podrían ser parte de una estrategia más amplia que intente revertir la situación insostenible ocasionada por el modelo de dependencia alimentaria y soberanía de los mercados que nos rige actualmente.



Figura A.1 Jardines de Babilonia



Figura A.2 Ejemplos de agricultura urbana (AU)

A partir de los años 70 los proyectos de AU cumplen funciones de desarrollo local, integración social y educación ambiental, y son lideradas por organizaciones comunitarias y ecologistas.

Actualmente, la AU tiene la potencialidad de ser un instrumento de mejora ambiental y social, colaborando en la sustentabilidad urbana, la lucha contra el cambio climático, la calidad de vida y la creación de ciudades a escala humana. [6] En cuanto al sistema de cultivo, éste depende de la información y de la asistencia técnica que tengan o reciban los agricultores urbanos.

En Latinoamérica se pueden distinguir dos grupos de países. Uno, en que los gobiernos han optado por una legislación de ámbito nacional, y otro en que los proyectos son de carácter local o regional, que cuentan con la participación de las ONGs y que tienen como blanco las poblaciones más pobres de las grandes

áreas metropolitanas. Caracas, Bogotá, Ecuador, Lima, La Paz, Asunción, Ciudad de México, Guatemala y más recientemente Managua, son ciudades o países, que cuentan con planes más consistentes, aunque con características dispares.

La Ciudad de México se encuentra entre las 10 ciudades de América Latina que sobresalen porque cultivan alimentos en espacios urbanos (FAO, 2014). El área metropolitana de la Ciudad de México conforma una de las aglomeraciones urbanas más grandes del mundo. El gobierno del Distrito Federal está promoviendo la agricultura sostenible en las zonas rurales y la producción de alimentos en la propia ciudad, teniendo iniciativas públicas y privadas.

Un programa de la Secretaría del Medio Ambiente ha ayudado a instalar camas de plantas suculentas en más de 12 300m<sup>2</sup> de azoteas, en escuelas, hospitales y museos. Algunos ejemplos son el Huerto

Tabla A.1 Sistemas más utilizados en Latinoamérica

Tipo de huerto	Localización	Base tecnológica	Usuarios	Orientación potencial
<b>Intensivo</b>	Periurbano	Manejo orgánico e inorgánico	Familias en trabajo colectivo	Comercial
<b>Organopónico</b>	Periurbano	Manejo y sustrato orgánico	Individual o colectivo	Autoconsumo o comercial
<b>Hidropónico (micro)</b>	Urbano	Soluciones nutritivas, control y reciclaje de materiales	Familiar	Autoconsumo
<b>Caseros y comunitarios</b>	Urbano	Manejo agronómico convencional	Escuelas o colectivos familiares	Autoconsumo o comercial
<b>Integrales</b>	Periurbano	Depende del modelo productivo. Generalmente convencional que incluye especies animales.	Granjas escolares o colectivos familiares	Autoconsumo o comercial

Romita, la Azotea verde San Juan (Tlalpan), la Granja Tlicuilli (Xochimilco) y el MAT (Mercado Alternativo de Tlalpan), que proporciona un espacio donde se pueden dar intercambios comerciales no convencionales, se propicia el consumo de productos que pertenecen a una gama que representa una alternativa accesible, sana, responsable y justa entre la población local.

En 2007, el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC), decidió implementar el programa Agricultura Urbana. El programa se lleva a cabo en colaboración con la Universidad Autónoma de Chapingo, a través de un convenio, con el fin de ofrecer capacitación, asesoría y asistencia técnica con evaluación y seguimiento; teniendo como acción estratégica la inversión en infraestructura productiva y acompañamiento en asesoría especializada a las unidades de producción, así como la capacitación constante en temas de producción agropecuaria y acciones que favorecen al medio ambiente. Se brindó apoyo a 21 proyectos de AU que se realizaron con la finalidad de incorporar a los ciudadanos a la producción de alimentos dentro de las ciudades, con principios de agricultura sostenible y aplicando métodos intensivos, con la finalidad de crear estabilidad de la fuerza de trabajo y una producción diversificada.

En un principio la producción de este huerto es modesta, pero nos ayudará a mejorar y complementar nuestra alimentación, a la vez que nos permitirá un pequeño ahorro en el gasto familiar al no tener que comprar estos productos en el mercado. En la medida en que perseveremos y lo desarrollemos, podremos incluso transformar y/o

comercializar los excedentes para completar el ingreso familiar.

El principio básico de todo huerto urbano es que cada hueco, cada centímetro cuadrado es útil, todos los espacios son susceptibles de ser adaptados y cultivados utilizando maceteros, cajones u objetos reciclados o reutilizados que realicen las funciones de contenedor de sustrato. Debemos decidir qué queremos producir para consumo propio y en qué cantidad. No podemos plantar mucho a la misma vez por el espacio y también por si supera nuestras expectativas de consumo.

Existen dos formas básicas para sembrar dependiendo del tamaño de la semilla: siembra directa (consiste en sembrar en el mismo lugar donde la hortaliza crecerá y será cosechada) y siembra indirecta (es cuando la plántula se trasplanta a su lugar definitivo donde crecerá y se cosechará).

El método a emplear depende de los recursos con los que se cuenta y la preferencia del usuario. Hay que elegir las hortalizas y la cantidad a cultivar tomando en cuenta el clima en donde se va a instalar el huerto, que sean productivas, de uso común en la cocina, nutritivas y fáciles de cultivar, tomando en cuenta la rotación y asociación de cultivos. Las técnicas de producción que son factibles de aplicar en zonas urbanas y peri urbanas, pueden ser tanto hidropónicas como organopónicas: las primeras se refiere a las que proveen los nutrientes por el agua y las segundas a las que los proveen por medio del sustrato.

Para cada cultivo debe existir un plan de crecimiento que describa cómo la temperatura, la luz, los nutrientes y otros factores deben cambiar en el tiempo para maximizar la cosecha. Es aquí donde la instrumentación electrónica nos

proporciona las herramientas para la implementación de los diversos sistemas electrónicos automáticos y la integración de los mismos que nos garantice un desempeño óptimo.

## B. Hidroponía

La palabra Hidroponía se deriva del griego *Hydro* (agua) y *Ponos* (labor o trabajo), lo cual significa literalmente trabajo en agua. Es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra, que abarca diferentes tecnologías que emplean sistemas

manuales, automáticos, abiertos, cerrados, dinámicos y estáticos.

Es una técnica que se puede desarrollar en pocos metros cuadrados, lo que permite desde el abastecimiento de un hogar hasta el desarrollo de empresas que abastezcan el mercado. Las productividades potenciales de los cultivos hidropónicos, cuando son realizados en condiciones tecnológicas óptimas, son superiores a las obtenidas mediante el sistema tradicional de cultivo. La principal ventaja de utilizar esta técnica de cultivo -y es de suma importancia- es que se puede controlar completamente la nutrición de la

Tabla B.1 Cuadro comparativo de los aspectos esenciales para la producción en suelo e hidroponía

Características esenciales	Sobre suelo	Sin suelo
Nutrición de la planta	Es difícil controlar debido a su variabilidad por el medio ambiente	Se tiene estabilidad permitiendo el monitoreo y corrección
Espaciamiento	Se limita su fertilidad y la densidad de plantación es menor	Altas densidades y mayor aprovechamiento de espacio y luz
Control de maleza	Se tiene mayor presencia de malezas	Disminuye la población y resultan casi inexistentes
Enfermedades y patógenos en el suelo	Son propensas a enfermedades producidas por el suelo	No existen patógenos debido a que se sustituyo el suelo
Agua	Tiende a un estrés hídrico debido que aunque el suelo tenga agua no está disponible en su totalidad.	No existe tal estrés ya que las técnicas hidropónicas tienen siempre disponible el agua

planta. Solo los elementos que se ponen en el agua estarán presentes en la zona de la raíz, en las proporciones que uno elija. Se puede controlar la calidad, así como la cantidad de los nutrientes disueltos en el agua en todo momento.

Algunas ventajas de utilizar esta técnica son que no se depende de los fenómenos meteorológicos, permite producir cosechas fuera de estación (temporada), ahorro de agua resultante del reciclado de la misma, rápida recuperación de la inversión, posibilidad de automatización casi completa, no provoca los riesgos de erosión que se presentan en la tierra, soluciona el problema de producción en zonas áridas o frías, se puede cultivar en ciudades, contribuye a la solución del problema de la conservación de los recursos y utiliza nutrientes naturales y limpios.

Son 3 técnicas hidropónicas desarrolladas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), en sistemas re-circulantes, flotantes y aéreos sin perder de vistas las necesidades de la planta como temperatura, humedad, agua y nutrientes:

#### **NFT (Nutrition Film Technique):**

Consiste en crear una película recirculante de solución nutritiva, generalmente utilizando tubos de PVC conocidos como canales de cultivo, que llegan a un contenedor en común de color oscuro para evitar la incidencia de microalgas en la misma. Luego, con la ayuda de una bomba, sube nuevamente a cada canal a intervalos previamente establecidos. La recirculación favorece la oxigenación de las raíces y suministrará los nutrientes necesarios a las plantas por medio de las raíces que cuelgan desde las canastillas del sistema

para que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente.



*Figura B.1 Ejemplo de sistema NFT*

**Raíz flotante:** Consiste básicamente en desarrollar nuestras plantas sobre superficies de unicel que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva oxigenada de manera frecuente. Es ideal para el cultivo de plantas de bajo tamaño, por ejemplo las lechugas y algunas plantas aromáticas, al tener las condiciones ambientales adecuadas propicia que el ciclo de la planta disminuya y se obtengan cosechas con buenos rendimientos antes de lo esperado.



*Figura B.2 Ejemplo de sistema de raíz flotante*

**Cultivo en sustrato:** Consiste en producir en medios que anclan la raíz y den sostén a la planta manteniendo la humedad, drenaje, aireación y facilitando la absorción de los nutrientes. Estos medios son sustratos inertes a los cuales se les añade la solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta. Bajo esta técnica hidropónica se puede cultivar cualquier variedad de plantas, incluyendo plantas de desarrollo subterráneo como la zanahoria y el rábano.



*Figura B.3 Ejemplo de sistema de cultivo en sustrato*

En un sistema hidropónico se recomienda utilizar cultivos de ciclo corto y de porte pequeño. Por lo regular el cultivo de los vegetales se basa en la dieta de la familia.

### **C. Fertirrigación**

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, a través del sistema de riego. Esta técnica aporta ventajas considerables:

- El agua y los nutrientes quedan perfectamente localizados en la zona de absorción de las raíces. Se pueden establecer diferentes planes de fertilización, en consonancia con el estado fenológico del cultivo o en función de las curvas de absorción de los nutrientes.
- Posibilidad de corregir rápidamente cualquier deficiencia nutritiva del cultivo.
- Utilización de aguas de baja calidad agronómica. Este es un aspecto muy importante a considerar, ya que con un buen manejo y los conocimientos necesarios, podemos utilizar aguas de baja calidad (conductividad eléctrica superiores a 3 dS/m)
- Alta dependencia del cultivo al sistema de riego y por tanto mayor control sobre el cultivo. Podemos aumentar o disminuir la velocidad de crecimiento según interese.
- Todas las anteriores redundan en un uso más racional del agua y los fertilizantes. Una incidencia directa sobre la capacidad productiva del cultivo. Respeto del medio ambiente y un mínimo impacto ambiental.

Básicamente existen dos métodos de fertirrigación:

- **Fertirrigación cuantitativa.** Este modelo está basado en calcular las necesidades nutritivas en función de distintos parámetros: Número de plantas, edad, superficie foliar, tipo de suelo, área, consumo de nutrientes, etc. Una vez calculados los requerimientos, se introducen en el sistema de riego para aportarlos.

- Fertirrigación proporcional. Es un modelo más utilizado en cultivos sin suelo e hidropónico. Consiste en inyectar una cantidad determinada de fertilizantes por un volumen de agua determinado. Por ejemplo: gramos por litro ó litro por metro cúbico. Este ejemplo se refiere a concentración de fertilizantes en agua; en hidropónico suelen utilizarse unidades de concentración tales como ppm/l (partes por millón y litro).

La primera forma de hacer fertirriego es definir la cantidad de agua de riego que requiere el cultivo y partiendo de la concentración de nutrientes que se desea

alcanzar, se disuelven los fertilizantes directamente en el volumen de agua a utilizar.

Esta técnica es particularmente útil cuando la superficie a regar es pequeña y en consecuencia el volumen de agua a utilizar es pequeño; entre otras aplicaciones están los huertos caseros y experimentales.



**D. Resultados seleccionados de la ENIGH 2012**



**Hogares e ingreso corriente total promedio trimestral por tamaño de localidad**

**HOGARES E INGRESO CORRIENTE TOTAL PROMEDIO TRIMESTRAL POR DECILES DE HOGARES<sup>1/</sup> SEGÚN TAMAÑO DE LOCALIDAD Y AÑO DE LEVANTAMIENTO<sup>2/</sup>**  
**Precios constantes de 2012**

Deciles de hogares	Tamaño de la localidad							
	De 2 500 y más habitantes				De menos de 2 500 habitantes			
	2010		2012		2010		2012	
	Hogares	Ingreso	Hogares	Ingreso	Hogares	Ingreso	Hogares	Ingreso
<b>Total</b>	<b>23 242 996</b>	<b>41 761</b>	<b>24 641 294</b>	<b>42 709</b>	<b>6 313 776</b>	<b>22 161</b>	<b>6 918 085</b>	<b>21 799</b>
I	1 332 829	6 831	1 493 334	7 239	1 622 848	6 470	1 662 603	6 780
II	1 824 907	11 753	1 854 314	11 867	1 130 770	11 543	1 301 623	11 689
III	2 103 946	15 656	2 170 623	15 733	851 731	15 499	985 314	15 737
IV	2 327 144	19 643	2 416 120	19 521	628 533	19 674	739 817	19 489
V	2 398 969	24 017	2 462 153	23 921	556 708	23 782	693 784	23 891
VI	2 548 615	29 058	2 673 989	28 863	407 062	29 065	481 948	28 858
VII	2 612 044	35 611	2 815 853	35 565	343 633	35 562	340 084	35 614
VIII	2 639 985	45 146	2 811 864	44 913	315 692	44 613	344 073	44 322
IX	2 686 183	61 168	2 957 767	61 079	269 494	60 775	198 170	60 032
X	2 768 374	127 602	2 985 277	132 349	187 305	123 043	170 669	144 447

<sup>1/</sup> Los hogares están ordenados en los deciles de acuerdo con su ingreso corriente total.

<sup>2/</sup> Cifras expandidas conforme a las proyecciones de población del CONAPO actualizadas en abril de 2013.

Figura D.1 Hogares e ingreso promedio trimestral por tamaño de localidad



## Ingreso corriente total promedio trimestral

**INGRESO CORRIENTE TOTAL PROMEDIO TRIMESTRAL POR HOGAR ORDENADO POR DECILES DE HOGARES<sup>1/</sup> SEGÚN AÑO DE LEVANTAMIENTO<sup>2/</sup> Y SU COEFICIENTE DE GINI**  
Precios constantes de 2012

Deciles de hogares	Año de levantamiento				Variación		
	2006	2008	2010	2012	2006-2008	2008-2010	2010-2012
<b>Total</b>	<b>43 698</b>	<b>42 865</b>	<b>37 574</b>	<b>38 125</b>	<b>-1.9</b>	<b>-12.3</b>	<b>1.5</b>
I	7 796	7 136	6 633	6 997	-8.5	-7.0	5.5
II	13 506	12 460	11 673	11 794	-7.7	-6.3	1.0
III	17 780	16 792	15 611	15 734	-5.6	-7.0	0.8
IV	22 161	20 986	19 650	19 513	-5.3	-6.4	-0.7
V	27 072	25 628	23 973	23 914	-5.3	-6.5	-0.2
VI	32 611	31 501	29 059	28 862	-3.4	-7.8	-0.7
VII	40 357	39 381	35 605	35 570	-2.4	-9.6	-0.1
VIII	50 788	50 084	45 089	44 849	-1.4	-10.0	-0.5
IX	69 194	69 159	61 133	61 014	-0.1	-11.6	-0.2
X	155 715	155 525	127 313	133 003	-0.1	-18.1	4.5
<b>Coefficiente de Gini</b>	<b>0.445</b>	<b>0.457</b>	<b>0.435</b>	<b>0.440</b>			

<sup>1/</sup> Los hogares están ordenados de acuerdo a su ingreso corriente total.

<sup>2/</sup> Cifras expandidas conforme a las proyecciones de población del CONAPO actualizadas en abril de 2013.

Figura D.2 Ingreso corriente total promedio trimestral

## ESTRUCTURA DEL GASTO CORRIENTE MONETARIO POR DECILES DE INGRESO SELECCIONADOS, 2012

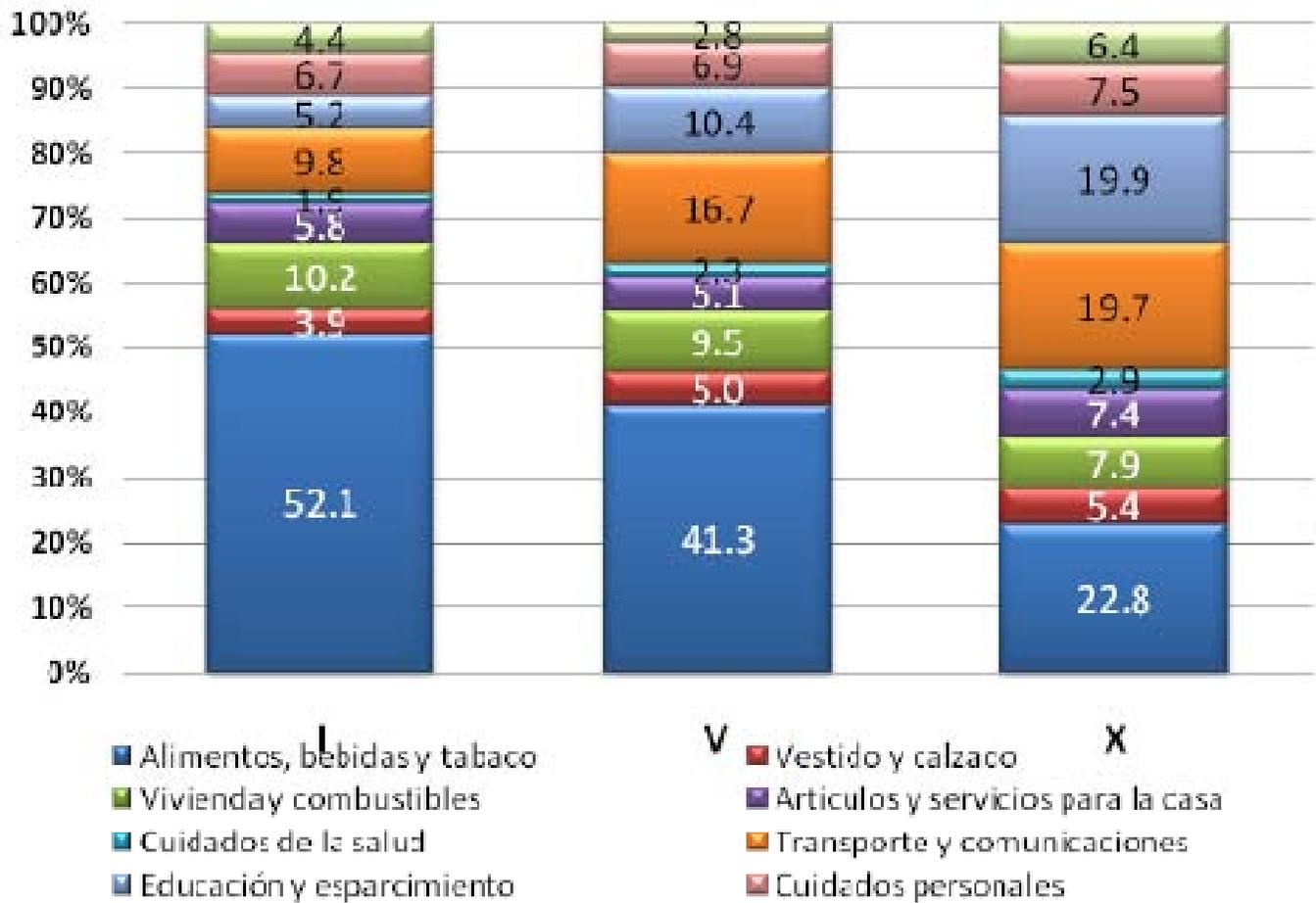


Figura D.3 Estructura del gasto monetario por deciles de ingreso seleccionados



## Estructura porcentual del gasto

**ESTRUCTURA PORCENTUAL DEL GASTO CORRIENTE TOTAL PROMEDIO TRIMESTRAL<sup>1/</sup> POR HOGAR, POR GRANDES RUBROS DE GASTO SEGÚN AÑO DE LEVANTAMIENTO<sup>2/</sup>**

Grandes rubros de gasto	Año de levantamiento			
	2006	2008	2010	2012
<b>Gasto Corriente Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
<b>Gasto Corriente Monetario</b>	<b>75.7</b>	<b>75.1</b>	<b>76.4</b>	<b>75.7</b>
Alimentos, bebidas y tabaco	29.5	33.7	32.8	34.0
Vestido y calzado	5.9	5.3	5.6	5.1
Vivienda y combustibles	8.9	10.0	9.3	8.9
Artículos y servicios para la casa	6.4	6.0	6.2	6.1
Cuidados de la salud	4.1	3.1	2.7	2.5
Transporte y comunicaciones	18.9	18.4	18.5	18.5
Educación y esparcimiento	15.5	13.4	13.6	13.8
Cuidados personales	6.6	7.0	8.2	7.3
Transferencias de gasto	4.3	3.1	3.2	3.9
<b>Gasto Corriente No Monetario</b>	<b>24.3</b>	<b>24.9</b>	<b>23.6</b>	<b>24.3</b>
Autoconsumo	3.8	4.3	3.6	4.1
Remuneraciones en especie	7.2	7.4	4.5	6.5
Transferencias en especie	37.2	32.4	29.0	33.3
Estimación del alquiler de la vivienda	51.8	55.9	62.8	56.1

<sup>1/</sup> Para calcular el gasto promedio se toma en cuenta el total de hogares a nivel nacional.

<sup>2/</sup> Cifras expandidas conforme a las proyecciones de población del CONAPO actualizadas en abril de 2013.

Figura D.4 Estructura porcentual del gasto



## Gasto promedio trimestral por hogar en alimentos, bebidas y tabaco

### GASTO TRIMESTRAL POR HOGAR EN ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO POR RUBROS DE GASTO SELECCIONADOS SEGÚN AÑO DE LEVANTAMIENTO<sup>1/</sup>

Precios constantes de 2012

Rubros de gasto	Año de levantamiento							
	2006		2008		2010		2012	
	Promedio	Porcentaje	Promedio	Porcentaje	Promedio	Porcentaje	Promedio	Porcentaje
<b>Alimentos, bebidas y tabaco</b>	<b>8 695</b>	<b>100.0</b>	<b>8 674</b>	<b>100.0</b>	<b>8 417</b>	<b>100.0</b>	<b>8 688</b>	<b>100.0</b>
Consumidos dentro del hogar	6 589	75.8	6 977	80.4	6 648	79.0	6 739	77.6
Cereales	1 168	17.7	1 356	19.4	1 246	18.7	1 292	19.2
Carnes	1 465	22.2	1 515	21.7	1 475	22.2	1 522	22.6
Pescados y mariscos	169	2.6	169	2.4	173	2.6	152	2.3
Leche y sus derivados	824	12.5	876	12.6	815	12.3	769	11.4
Huevo	191	2.9	258	3.7	226	3.4	280	4.2
Aceites y grasas	90	1.4	155	2.2	113	1.7	116	1.7
Tubérculos	97	1.5	99	1.4	105	1.6	96	1.4
Verduras, legumbres, leguminosas y semillas	785	11.9	816	11.7	799	12.0	746	11.1
Frutas	295	4.5	295	4.2	282	4.2	298	4.4
Azúcar y mieles	89	1.4	67	1.0	86	1.3	72	1.1
Café, té y chocolate	61	0.9	65	0.9	71	1.1	76	1.1
Especias y aderezos	60	0.9	65	0.9	65	1.0	65	1.0
Otros alimentos diversos	596	9.0	582	8.3	569	8.6	600	8.9
Bebidas alcohólicas y no alcohólicas	701	10.6	660	9.5	622	9.4	654	9.7
Consumidos fuera del hogar	2 035	23.4	1 636	18.9	1 710	20.3	1 872	21.5
Tabaco	70	0.8	62	0.7	59	0.7	78	0.9

<sup>1/</sup> Cifras expandidas conforme a las proyecciones de población del CONAPO actualizadas en abril de 2013.

Figura D.5 Gasto promedio trimestral por hogar en alimentos, bebidas y tabaco

## E. Criterios de selección de elementos y componentes

La gran mayoría de avances tecnológicos logrados en la sociedad moderna, se han apoyado en el descubrimiento y desarrollo de materiales de ingeniería y proceso de fabricación usados en su obtención. Una adecuada selección de materiales y procesos, garantiza a los diseñadores de partes mecánicas su correcto funcionamiento de los componentes diseñados. Desde el punto de vista práctico, la posibilidad de usar varios métodos y poderlos confrontar, garantiza una mayor eficiencia en la selección correcta del material para un fin específico.

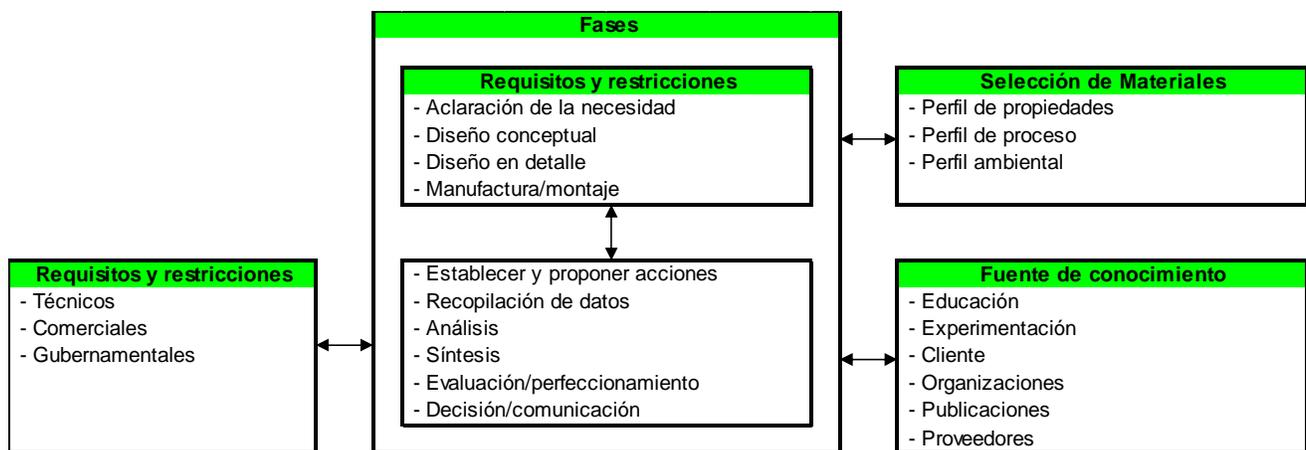
La mayoría de los métodos parten de la disponibilidad de una amplia gama de materiales, los cuales se deben analizar y refinar, ya sea con ayuda de: recomendaciones (métodos tradicionales), mapas de materiales (método gráfico) o información escrita que se encuentran en fuentes bibliográficas o en forma de software en bases de datos virtuales. En general, el refinamiento se hace de acuerdo con las propiedades exigidas por el

componente a diseñar y sustentado con criterios como: disponibilidad, facilidad de obtención, vida de servicio, factores ambientales y costos, entre otros. De esta forma, se llega a la selección de un único tipo de material, el cual debe de resultar en el más apropiado para el fin pretendido.

La selección del tipo de material que se requiere para una aplicación determinada, es sólo una de las fases en las que un diseñador o ingeniero de materiales se basa. El conjunto de fases previas a la selección comprende: necesidad, diseño conceptual, diseño de formulación, diseño en detalle, manufactura y montaje. Las actividades completas que llevan a la selección del material más adecuado se resumen la Tabla E.1.

Cabe mencionar, que para la utilización de cualquiera de los métodos de selección de materiales que existen, el diseñador o ingeniero de materiales, debe partir de la etapa conceptual, en la cual se identifican una o varias de las categorías de posibles materiales a utilizar. El tipo y valor del esfuerzo aplicado y la forma geométrica, entre otras variables que deben considerarse, otorgan restricciones en

Tabla E.1 Etapas o fases del procedimiento para selección de materiales



cuanto al tipo de material a seleccionar. La selección preliminar se puede hacer con base en los datos de propiedades dados por los proveedores. De esta forma, en la selección final se trabaja con estas propiedades, facilitando la consecución del material más adecuado.

Un diseñador de materiales siempre está en la búsqueda de encontrar el material ideal para su componente. Se pueden mencionar, entre otras características, que un material ideal cumple con la siguiente lista de requisitos: Inagotable y siempre disponible para su reemplazo, que sea barato para refinar y producir, que sea fuerte, rígido y dimensionalmente estable a diferentes temperaturas, liviano, resistente a la corrosión y al desgaste, etc. Este tipo de requisitos hace que el ingeniero de materiales tenga dificultad en seleccionar el material ideal. Es por esto, que se usan métodos más o menos exactos, que permiten hacer una aproximación del material más idóneo para alguna aplicación.

En general, los métodos para selección de materiales se basan en una serie de parámetros entre físicos, térmicos,

mecánicos, eléctricos y de fabricación que determinan la utilidad técnica de un material. Algunos de estos parámetros son mostrados en la Tabla E.2.

Para realizar la selección de materiales, basamos nuestro análisis en el Método Ashby y en el Método de Ponderación.

El Método Gráfico (Ashby), se apoya en gráficas (conocidas como mapas de materiales, Figura E.1), en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. El método fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una determinada familia de materiales), con base en la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el componente.

El Método de Ponderación se basa en la priorización de las variables en función a la elaboración de matrices y al cálculo de algunos valores que en forma consecuente indicaran qué variables son

Tabla E.2 Lista de propiedades de los materiales que suelen usarse al seleccionarlos

Propiedades insensibles a la microestructura	Propiedades sensibles a la microestructura
Densidad Módulo de elasticidad E Conductividad Térmica Coeficiente de expansión térmica lineal Punto de fusión Tf Temperatura de transición vítrea, Tg para polímeros Corrosión uniforme, mm/año Costo por unidad de masa	Resistencia (a la fluencia, a la tracción, etc) Ductilidad Tenacidad a la fractura, Kic Fatiga y propiedades cíclicas, fatiga por corrosión Termofluencia Impacto Dureza
Otras propiedades	
Facilidad de colado Facilidad para tratar térmicamente Conformabilidad Maquinabilidad Soldabilidad	

**Diagrama de burbujas**

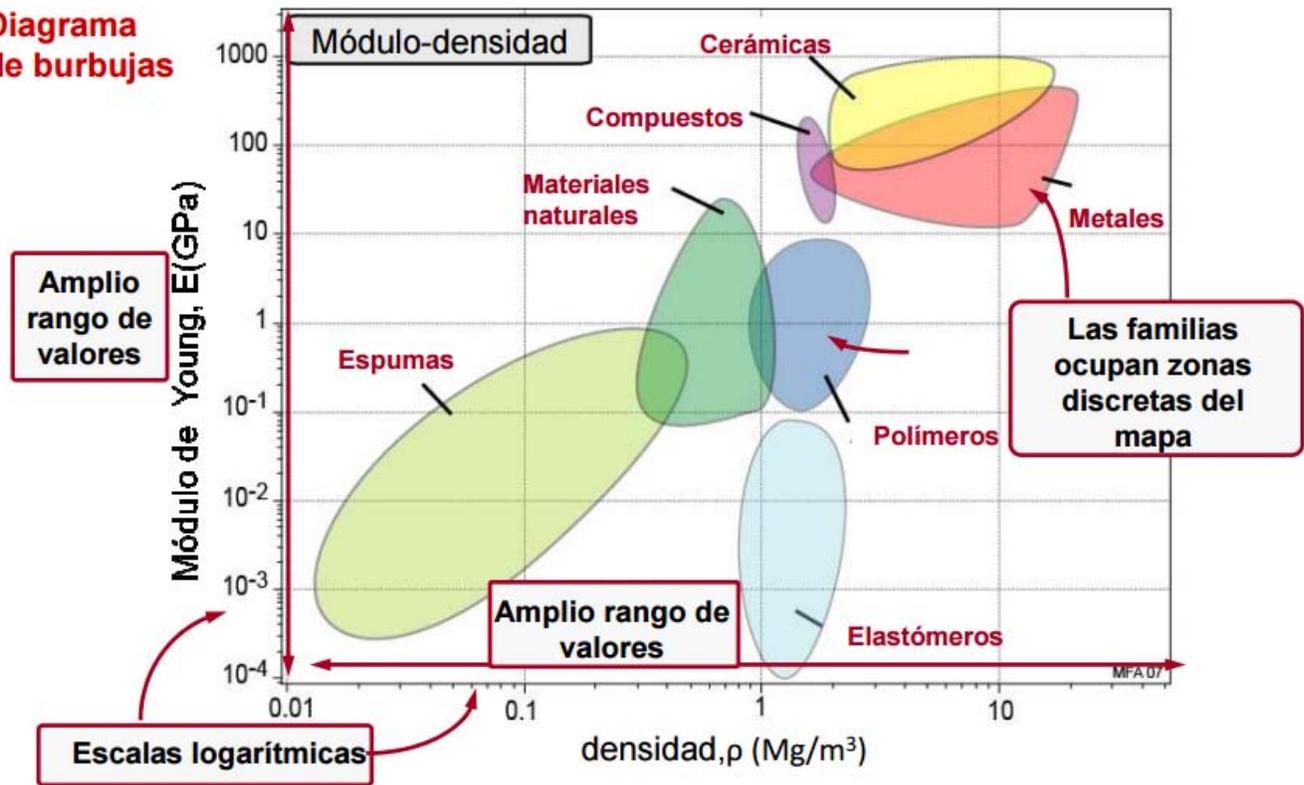


Figura E.1 Mapas de propiedades

las más importantes según su influencia hacia el resto y según su dependencia del resto.

La selección de dichas variables es comúnmente el factor decisivo en el resultado obtenido y en la utilidad del método. En este sentido y tras un análisis de los factores involucrados en nuestro producto, llegamos a la decisión de tomar como factor de análisis y comparación para obtener los materiales idóneos las siguientes: densidad, dureza, módulo elástico, resistencia mecánica y costo.

La siguiente tabla pondera las propiedades que se tomaron como las más importantes para posteriormente escoger los materiales adecuados. Para poder comprender como es que se llevó a cabo la

comparativa, debemos tener en cuenta el siguiente método cuantitativo en importancia: 4 muy alto, 3 alto, 2 regular, 1 bajo. Se tomaron en cuenta las propiedades de cada material para calificar su adecuación o no al dispositivo:

Tabla E.3 Tabla Comparativa utilizando el Método de Comparación

	Densidad	Dureza	Módulo Elástico	Resistencia Mecánica	Costo	Total
PVC	3	2	3	3	2	13
PE	2	2	2	2	4	12
PP	2	2	2	1	1	8
Madera	2	4	2	2	2	12
MDF	2	4	3	1	4	14
Aluminio	3	1	3	3	1	11
Acrílico	3	3	2	2	1	11
PC	3	2	3	2	4	14
PMMA	3	2	2	2	2	11

Las siguientes tablas comparan propiedades mecánicas básicas que buscamos para nuestra estructura, el transporte de la solución nutritiva, puertas y laterales; se consideran los materiales que ya se emplean para funciones similares y las condiciones a las que estarán sometidos; y al compararlas obtendremos los materiales adecuados para trabajar. Los recuadros en rojo indican los seleccionados.

Tabla E.4 Materiales para el transporte de fluido

Propiedad	PVC	PE	PP
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.4	0.81 – 0.92	0.9
Dureza (N)	80-83 (Shore D)**	2 (Brinell)	72-74 (Shore D)
Módulo elástico (GPa)	30	1.6	1.1 – 1.6
Resistencia mecánica (MPa)	450 - 550	150	31 - 42
Costo	Tubo 1 ½" X m \$9.00	Rollo 50m X 12mm \$91.8	Tubo 16mm X m \$11.71
Ventajas	Resistente, rentable y modulable debido a la gran cantidad de opciones	Bajo peso, resistencia a la abrasión, corrosión e impactos	Gran resistencia al estrés, bajo costo y fácilmente reciclable
Desventajas	Cancerígeno y altamente inflamable	Poca resistencia a los ácidos oxidantes	Poca resistencia a la corrosión e inflamable

\*\* Se basa en la reacción elástica del material cuando se deja caer sobre él un material más duro. Si el material es blando absorbe la energía del choque, si es duro produce un rebote cuya altura se mide. Se realiza en un escleroscopio, aparato formado por un tubo de cristal de 300mm de altura, por cuyo interior cae un martillo con punta de diamante.

Tabla E.5 Materiales para la estructura

Propiedad	Madera	MDF	Aluminio
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	300-1200	700-766	2700
Dureza (N)	3771-5293		15 (Brinell)*
Módulo elástico (MPa)	7-12	17.64	70 000
Resistencia a la tracción (MPa)	8-18	0.6-1	160-200
Costo	Tabla 30x250cm= \$68.37	Tabla 122x244cm= \$265.13	Lámina 1/4 40x20cm= \$87.07
Ventajas	La polaridad la hace afín con productos como agua, barnices, pegamentos, etc.	Sólido, compacto, muy resistente a temperaturas y humedad	Resistente a la corrosión, aleable con otros metales para mejorar
Desventajas	Requiere capa externa de protección, mantenimiento	Problemas con humedad, inflamable	Envejecimiento, pequeñas muescas o cortes causan graves daños

\* Escala de medición de la dureza de un material mediante el método de indentación, midiendo la penetración de un objeto en el material a estudiar. Fue propuesto por el ingeniero sueco Johan August Brinell en 1900, siendo el método de dureza más antiguo.

Tabla E.6 Materiales para puertas y laterales

Propiedad	Acrílico	PC	PMMA
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.19	1.20	1.19
Dureza (N)	M100 (Rockwell) ***	M70 (Rockwell)	M80 (Rockwell)
Módulo elástico (GPa)	30 - 32	23	24.6 – 31
Resistencia mecánica (MPa)	70	55 – 75	72
Costo	Lámina 2mm 1.22 X 2.44 = \$720	Lámina 2mm x 1m2 = \$180	Lámina 2mm 1.22 X 2.44 = \$830
Ventajas	Peso ligero y gran resistencia a golpes	Gran resistencia al impacto, intemperie y a deformación	Ligero y alta resistencia al impacto, resistencia a ataques químicos
Desventajas	Elevado costo, se raya fácilmente	Sensibilidad a la hidrólisis, susceptibilidad a fisuras	Se raya fácilmente y es inflamable

\*\*\* La dureza Rockwell, o ensayo de dureza Rockwell, es un método para determinar la dureza, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado. El ensayo de dureza Rockwell constituye el método más usado para medir la dureza debido a que es muy simple de llevar a cabo y no requiere conocimientos especiales.

## Bibliografía

- “*La Pirámide de Maslow en la evolución personal*”. David Topí. Documento recuperado en línea el 12 de enero de 2015 de: <http://davidtopi.com/la-piramide-de-maslow-en-la-evolucion-personal/#.VOYqCOaG94c>
- “*Definición de hambre en la CNCH*”. SEDESOL. Enero 2014. Documento recuperado el 6 de mayo de 2015 de: [http://www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Definición\\_de\\_hambre\\_en\\_la\\_CNCH](http://www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Definición_de_hambre_en_la_CNCH)
- “*Soberanía y seguridad alimentaria*”. Documento recuperado el 12 de enero de 2015 de: <http://alianzasalud.org.mx/seguridad-alimentaria/>
- “*Estrategias para reducir el Calentamiento Global a través de la ingeniería*”. Documento recuperado el 12 de enero de 2015 de: <http://www.umai.org.mx/Programas/api.pdf>
- “*Manejo sustentable del agua en México*”. Oscar Monroy Hermsillo. Revista Digital Universitaria. Vol.14, No.10. Octubre 2013. Documento recuperado el 14 de enero de 2015 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num10/art37/>
- “*¿Qué es innovación tecnológica?*”. Documento en línea recuperado el 13 de enero de 2015 de: <http://www.euskadinova.net/es/innovacion-tecnologica/ambitos-actuacion/innovacion-tecnologica/162.aspx>
- “*México en Cifras*”. INEGI. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2015 de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>
- “*Alimentación saludable*”. México Produce. Documento en línea recuperado el 16 de enero de 2015 de: <http://www.mexicoproduce.mx/articulos/alimentacionsaludable.html>
- “*Energía y Sustentabilidad: algunas características de la Energía Sustentable*”. Michiko Amemiya Ramírez. Revista Digital Universitaria. Vol.13, No.10. Octubre 2012. Documento recuperado el 14 de enero de 2015 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art102/#up>
- “*Domótica sustentable*”. Dave Rush. Documento recuperado el 13 de enero de 2015 de: <http://domoticabuap.blogspot.mx/2012/07/en-trevista.html>
- “*El concepto moderno de sustentabilidad*”. Ing. Arturo M. Calvente. Centro de Altos Estudios Globales, Universidad Abierta Interamericana. Junio 2007. Documento en línea recuperado el 16 de enero de 2015 de: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf>
- “*Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda*”. CEDOM, IDAE. 2008. Documento en línea recuperado el 14 de enero de 2015 de: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11187\\_domotica\\_en\\_su\\_vivienda\\_c7a81517.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11187_domotica_en_su_vivienda_c7a81517.pdf)
- “*The globe rooftop urban farm*”. Antonio Scarponi. Mayo 2012. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2015 de: <http://www.designboom.com/readers/antonio-scarponi-the-globe-rooftop-urban-farm/>

- “Manual de Agricultura Urbana”. Azoteas Verdes de Guadalajara. ARVOL 2012. Documento en línea recuperado el 19 de enero de 2015 de:  
<http://blogdeazoteasverdes.files.wordpress.com/2012/10/manual-agricultura-urbana.pdf>
- “Sobrepeso y Obesidad”. SEDESA. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2015 de:  
[http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4034](http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/index.php?option=com_content&task=view&id=4034)
- “La Ingeniería Mecatrónica y su Contribución al Desarrollo Sustentable”. E. R. Piero, L. L. Alejandro, M. M. Carlos Francisco y R. V. Víctor Manuel. Universidad Politécnica de Sinaloa. 10º Congreso Nacional de Mecatrónica. Noviembre 2011. Documento en línea recuperado el 15 de enero de 2015 de:  
[http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/\\_10\\_articulosrevistasarbitraje/106.pdf](http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/_10_articulosrevistasarbitraje/106.pdf)
- “Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares (ENIGH) 2012”. Boletín de prensa. No. 278/13. Julio 2013. Documento en línea recuperado el 4 de febrero de 2015 de:  
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2013/Julio/comunica5.pdf>
- “Competencia de Peso”. García C. y R. Seco. Periódico A.M. Sección B p.10. Julio 2013. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2015.
- “Agricultura sustentable”. SEDEREC. Documento en línea recuperado el 19 de enero de 2015 de:  
[http://www.sederec.df.gob.mx/agricultura\\_sustentable\\_np.html](http://www.sederec.df.gob.mx/agricultura_sustentable_np.html)
- “El tema de tecnología Agricultura urbana empieza a abrir campo”. Ana María Bedoya. Documento en línea recuperado el 19 de enero de 2015 de: [http://www.larepublica.co/el-tema-de-tecnolog%C3%ADa-agricultura-urbana-empieza-abrir-campo\\_155796](http://www.larepublica.co/el-tema-de-tecnolog%C3%ADa-agricultura-urbana-empieza-abrir-campo_155796)
- “Historia de la domótica: pasado, presente y futuro”. Domoprac. Septiembre 2009. Documento recuperado en línea el 24 de marzo de 2015 de:  
<http://www.domoprac.com/domoteca/conceptos-basicos/historia-de-ladomotica-pasado-presente-y-futuro.html>
- “Agricultura urbana: Algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual”. Miriam-Hermi Zaar. Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. Vol. XVI, No. 944, Octubre de 2011. Documento en línea recuperado el 19 de enero de 2015 de:  
<http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>
- “Consejos para empezar un Huerto Urbano Ecológico”. Documento recuperado el 14 de enero de 2015 de: <http://www.ecoagricultor.com/consejos-para-empezar-un-huerto-urbano-ecologico/>
- “Observo luego diseño”. Diego Hodgson O. Marzo 2008. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2014 de:  
[http://dhviejo.blogspot.mx/2008\\_03\\_01\\_archivo.html](http://dhviejo.blogspot.mx/2008_03_01_archivo.html)
- “Las “google glass”, una nueva herramienta en el invernadero”. Hortoinfo 2015. Documento en línea recuperado el 2 de febrero de 2015 de:  
<http://www.amci.org.mx/amci/index.php/noticias/229-las-google-glass-una-nueva-herramienta-en-el-invernadero>

- *"Historia de los huertos urbanos. De los huertos para pobres a los programas de agricultura urbana ecológica"*. Morán Alonso N, Aja Hernández A. Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). 2011. Documento en línea recuperado el 16 de enero de 2015 de: [http://oa.upm.es/12201/1/INVE\\_MEM\\_2011\\_96634.pdf](http://oa.upm.es/12201/1/INVE_MEM_2011_96634.pdf)
- *"Urban Cultivator automatically grows greens indoors"*. Ben Coxworth. Enero 2012. Documento en línea recuperado el 15 de enero de 2015 de: <http://www.gizmag.com/urban-cultivator-computer-controlled-hydroponics/21272/>
- *"Fomento del consumo mundial de frutas y verduras"*. OMS. Documento en línea recuperado el 27 de febrero de 2015 de: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/>
- *"Design Thinking"*. Tim Brown. Harvard Business Review. Junio 2008. Editorial Harvard Business School Publishing Corporation.
- *"Informe APEI sobre Usabilidad"*. Yusef Hassan Montero, Sergio Ortega Santamaría. 2009. Documento en línea recuperado el 21 de enero de 2014 de: [http://www.nosolousabilidad.com/manual/3\\_2.htm](http://www.nosolousabilidad.com/manual/3_2.htm)
- *"¿Cuál es la mejor luz artificial para plantas?"*. Martín Basterrechea. Junio 2014. Documento en línea recuperado el 10 de marzo de 2015 de: <http://www.hidroponiacasera.net/luz-artificial-para-plantas/>
- *"La metodología de Diseño Centrado en el Usuario"*. Daniel Torres Burriel. Julio 2011. Documento en línea recuperado el 22 de enero de 2014 de: <http://www.congresointernetdelmediterraneo.com/presentaciones/2011/MK/torres-burriel.pdf>
- *"Requerimientos básicos para las plantas"*. Hydro Environment. Documento en línea recuperado el 11 de febrero de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=29](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=29)
- *"Hidroponía para todos. Todo sobre la horticultura en casa"*. William Texi. 2013. Documento en línea recuperado el 4 de febrero de 2015 de: [http://www.mamaeditions.net/pdf/9782845940826\\_intro.pdf](http://www.mamaeditions.net/pdf/9782845940826_intro.pdf)
- *"Global Trends 2030: Alternative Worlds"*. National Intelligence Council. Diciembre 2012. Documento en línea recuperado el 18 de abril de 2015 de: [http://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends\\_2030.pdf](http://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf)
- *"Produce plantas usando Iluminación LED"*. Rebecca M. Bartels. Mayo 2012. Documento en línea recuperado el 9 de marzo de 2015 de: <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/produce-plantas-usando-iluminacion-led/>
- *"Urban Garden"*. Daniël Schipper. Documento en línea recuperado el 2 de febrero de 2015 de: <http://www.danielschipper.nl/projects/orbs>
- *"Create a new Business Model Canvas"*. Documento en línea recuperado el 17 de junio de 2015 de: <https://canvanizer.com/new/business-model-canvas>

- “*The 30 Minute Business Plan: Business Model Canvas Made Easy*”. Alex Cowan. Febreso 2013. Documento en línea recuperado el 17 de junio de 2015 de: <http://www.alexandercowan.com/business-model-canvas-templates/>
- “*Manual de agricultura urbana*”. Huerto en casa. Enero 2011. Documento recuperado el 16 de enero de 2015 de: [http://huertoencasa.mx/downloads/Manual\\_del\\_Usuario.pdf](http://huertoencasa.mx/downloads/Manual_del_Usuario.pdf)
- “*Jardinero Automatizado para Granja Hidropónica*”. Víctor David García Jiménez, Edgar Jiménez Mota. Universidad Veracruzana. Encuentro de Investigación de Ingeniería Eléctrica. Marzo 2010. Documento en línea recuperado el 20 de enero de 2015 de: <http://www.uaz.edu.mx/eniinvie/eninvie2010/eninvielibro/instrumentacion/inst3.pdf>
- “*NFT (Nutrient Film Technique) y su instalación*”. Hydro Enviroment. Documento en línea recuperado el 4 de marzo de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=102&chapter=9&zenid=gp6dora9i2pph0qjp7m3sahhf2](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=102&chapter=9&zenid=gp6dora9i2pph0qjp7m3sahhf2)
- “*Sistemas de cultivo hidropónico II*”. Rural Estudio. Enero 2012. Documento en línea recuperado el 6 de febrero de 2015 de: <http://ruralhidroponica.blogspot.mx/2012/01/clasificacion-de-los-sistemas-de.html>
- “*Hidroponia, una sencilla técnica para cultivar plantas*”. Administrador GIBex. Febrero 2014. Documento en línea recuperado el 4 de febrero de 2015 de: <http://www.fundacionunam.org.mx/gibex/blog/hidroponia-una-sencilla-tecnica-para-cultivar-plantas/>
- “*¿Qué es la hidroponía?*”. Hydro Enviroment. Documento en línea recuperado el 4 de febrero de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=27&chapter=1](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=27&chapter=1)
- “*Ventajas de la Hidroponia*”. Asociación Hidropónica Mexicana A.C. Documento en línea recuperado el 9 de febrero de 2015 de: <http://hidroponia.org.mx/cultivo-hidroponico/ventajas-de-la-hidroponia/>
- “*Técnicas hidropónicas*”. Hydro Enviroment. Documento en línea recuperado el 9 de febrero de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=30](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=30)
- “*¿Qué es el sistema de raíz flotante?*”. Hydro Enviroment. Documento en línea recuperado el 3 de marzo de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=64&chapter=6](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=64&chapter=6)
- “*Guía para cultivar utilizando el paquete completo para hidroponía casera*”. Hydro Enviroment. Documento en línea recuperado el 3 de marzo de 2015 de: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=62](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=62)
- “*¿Qué es la fertirrigación?*”. Marco A. Oltra Cámara. Diciembre 2012. Documento en línea recuperado el 2 de marzo de 2015 de: <http://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>
- “*Inyección de Fertilizantes para Riego en Sistemas de Fertirrigación*”. Ing. Fernando Hernández. Documento en línea recuperado el 2 de marzo de 2015 de: [http://www.agrotecnologia-tropical.com/inyeccion\\_de\\_fertilizante.html](http://www.agrotecnologia-tropical.com/inyeccion_de_fertilizante.html)

- *“La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales”*. Mercedes de Azkues y Marelia Puche. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. No. 3. Septiembre-diciembre 2003. Documento en línea recuperado el 4 de marzo de 2015 de: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_texto/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_texto/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm)
- *“Mapas de propiedades de los materiales”*. Documento en línea recuperado el 26 de octubre de 2015 de: [http://materias.fi.uba.ar/7213/CLASE2CESE\\_DUPACKMATERIALESII.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7213/CLASE2CESE_DUPACKMATERIALESII.pdf)
- *“Método de priorización de variables basado en matrices”*. Documento en línea recuperado el 26 de octubre de 2015 de: [http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPONDERARGECYT\(conf\).pdf](http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPONDERARGECYT(conf).pdf)