



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Licenciatura en Diseño Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MODELO ESTRUCTURAL DE  
MINI-INVERNADERO CON FINES DIDÁCTICOS**

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el título de

Licenciado en Diseño Industrial

**Presenta:**

Violeta Alvarez Granados

**Dirigido por:**

M. en C. José Omar Valencia Hernández

**SINODALES**

M. en C. J. Omar Valencia Hernández  
Presidente

  
Firma

M. A. Guillermo Iván López Domínguez  
Secretario

  
Firma

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa  
Vocal

  
Firma

Dr. Enrique Rico García  
Suplente

  
Firma

Dr. Gilberto Herrera Ruíz  
Suplente

  
Firma  
Dr. Gilberto Herrera Ruíz  
Director de la Facultad  
MDI. Martha L. Saavedra Rivera  
Coordinador de la carrera

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Noviembre de 2011  
México

## RESUMEN

El planeta se encuentra en una situación de emergencia, la crisis económica ha dejado una serie de efectos secundarios que han afectado principalmente a los países que se encuentran en desarrollo, dejando como consecuencias la escasez de alimentos, la desnutrición, el mal manejo de los recursos humanos, entre otros, lo que ha afectado directamente a los ecosistemas, específicamente a los agrícolas, fuente principal de alimentación en zonas rurales. Cuando se conocen las problemáticas y los desafíos para el futuro, el objetivo fundamental de la educación es sentar las bases en el desarrollo sostenible, brindando soluciones a las necesidades actuales sin comprometer las necesidades en del futuro. En México la educación por ley debe ser gratuita y fomentará el desarrollo integral del alumno, bajo esta premisa, surge el proyecto ARMA-dillo mini-invernadero didáctico, con el objetivo de brindar una herramienta al sistema educativo nacional. El proyecto pretende brindar una serie de herramientas con las cuales el alumno, a través de la observación, la crítica y la reflexión, generará su propio conocimiento, el cual podrá ser aplicado en su escuela y la vida diaria. Para lograr el éxito del proyecto, es necesario estudiar cada uno de sus elementos por separado, desarrollando así, un nuevo modelo estructural de mini-invernadero didáctico, el cuál a través de su forma contribuye con las funcionales del sistema y desarrolla un mayor conocimiento sobre los conceptos básicos de un invernadero, facilitando la apropiación del conocimiento por parte del alumno.

**Palabras clave:** mini-invernadero, estructura, educación, ARMA-dillo, diseño industrial, constructivismo, innovación y transferencia tecnológica.

## SUMMARY

The planet is in an emergency situation, the economic crisis has left a number of side effects that have affected mainly the countries that are in development, leaving as consequences: food shortages, malnutrition, poor human management resource, which has directly affected the ecosystems, specifically to agricultural ecosystem the main power source of rural areas. When the problematic issues and challenges for the future are known, the fundamental goal of education is to lay the foundations for sustainable development, providing solutions to current needs without compromising future needs. In Mexico, law education should be free and promote the integral development of the student, under this premise; the project ARMA-dillo didactic mini-greenhouse has been developed, with the aim of providing a tool formational education system. The project aims to provide a set of tools with which students, through observation, critical reflection, generate their own knowledge, which may be implemented in their school and in daily life. To ensure the success of the project is necessary to study each of its elements separately, thus developing a new structural model of educational mini-greenhouse, which through its contribution to the functional form of the system and develops a greater understanding of the basics concepts of a greenhouse, facilitating the knowledge appropriation by the student.

**(Keywords:** mini greenhouse, structure, education, ARMA-dillo, industrial design, constructivism, innovation and transfer technology)

**Para ti Rufina que me enseñaste a volar,  
a ti Miguel, que me ayudaste a convertir mis  
sueños en diseño,  
gracias a las tres por que con ustedes sigo  
soñando  
con ustedes vivo diseñando.**

## AGRADECIMIENTOS.

A mi equipo de trabajo, en especial a Omar, por ser el primero en creer, por valorar y vivir el diseño inteligente. A ti Carla por que creo que en el destino estaba que ser compañeras no sería suficiente, a Cacho por tu creatividad sin límites y a Martha por tu transparencia.

A los cuatro, por que juntos aprendimos, juntos construimos, juntos diseñamos. Por un mundo de desvelos, lleno de ideas y de risas.

A mi Universidad, en especial a la Facultad de Ingeniería, al Dr. Gilberto Herrera, por su apoyo constante en todos los sentidos, por creer en el diseño.

A mi familia, por hacer éste suyo también, por su comprensión y apoyo no solo en ARMA-dillo, sino en toda mi carrera, en toda mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de figuras	vi
I. INTRODUCCION	1
Modelo educativo actual	3
Proyecto ARMA-dillo mini-invernadero didáctico	5
Hipótesis y Objetivos	6
II. FUNDAMENTACIÓN LITERARIA	7
Teoría del diseño emocional	7
Sostenibilidad	8
Educación sostenible	9
Desarrollo cognitivo	12
Descripción del sistema Poka-yoke	13
Invernaderos	14
Fundamentos para la transferencia de tecnología	13
III. METODOLOGIA	24
Lugar de desarrollo del sistema	24
Descripción del invernadero didáctico	26
Análisis estadístico	10
IV. RESULTADOS	42
V. CONCLUSIONES	61
VI. LITERATURA CITADA	69

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Número de personas subnutridas en el mundo desde 1969-1971 hasta 2009 (FAO, 2010).	1
<b>Figura 2.</b> Una situación de emergencia planetaria, Problemas y desafíos. (Edwards,2003).	11
<b>Figura 3.</b> Clasificación de invernaderos por su perfil externo: a)plano, b)capilla, c)diente de sierra, d)semi-elíptico, e)asimétrico, f)no convencionales.	19
<b>Figura 4.</b> Cúpula geodésica, diseñada por Buckminster Fuller. Entre más elementos constructivos tenga la estructura, su forma asemejará más a la de una esfera.	21
<b>Figura 5.</b> Los elementos básicos del paquete tecnológico. (Solleiro, 2008)	22
<b>Figura 6.</b> Cronograma de actividades Agosto 2010-Noviembre 2011.	24
<b>Figura 7.</b> De izquierda a derecha; vista aérea de la UAQ; instalaciones internas del edificio; instalaciones externas del CEDIT.	25
<b>Figura 8.</b> De izquierda a derecha; vista aérea del Campus Amazcala de la UAQ, FI; vista de exterior de invernadero de producción, parte de las instalaciones del Campus; Acercamiento a uno de los proyectos de investigación que se realizan por los investigadores del Campus; Interior de invernadero de producción.	26
<b>Figura 9.</b> El equipo se conforma por el M.C. Omar Valencia Hernández, asesor y responsable del proyecto; LDI. Alberto Luna Rubio; LDI. Carla Reséndiz Villaseñor y LDI. Martha Olivia Ontiveros López, colaboradores.	26
<b>Figura 10.</b> Proyecto Edén, Reino Unido. <a href="http://www.edenproject.com/">http://www.edenproject.com/</a>	27
<b>Figura 11.</b> Etapa 2, desarrollo de técnicas creativas de diseño: lluvia de ideas, bocetaje y elaboración de prototipos rápidos concluyendo en el análisis de factibilidad.	28
<b>Figura 12.</b> Modelos rápidos, de izquierda a derecha, se muestra un concepto de invernadero dividido, donde el sistema acuapónico se encontraba separado de los cultivos para mantener diferentes índices de humedad relativa; mini-invernadero hexacontaedral.	28
<b>Figura 13.</b> Proceso de desarrollo estructural, de acuerdo al análisis de productos existentes (ventajas y desventajas de invernaderos tipos túnel y geodésicos) se utilizó como concepto de diseño al armadillo debido a sus características físicas y funcionales.	29
<b>Figura 14.</b> En esta etapa, aún no se resolvía el sistema de desplegado, solo era una solución conceptual preliminar.	29
<b>Figura 15.</b> En el análisis de requerimientos técnicos se propuso solucionar el sistema de desplegado por medio de baleros que movieran cada PVC	

independientemente, sin embargo, la relación costo-beneficio no era favorable para el Prototipo 1.0.	30
<b>Figura 16.</b> Modelo final del Prototipo 1.0.	30
<b>Figura 17.</b> Primeras pruebas de materiales para el montaje del Prototipo 1.0.	31
<b>Figura 18.</b> Materiales de construcción.	32
<b>Figura 19.</b> Plano de manufactura construcción de Planta.	33
<b>Figura 20.</b> Plano de manufactura, construcción de soporte.	34
<b>Figura 21.</b> Plano de manufactura PVC.	35
<b>Figura 22.</b> Plano para el corte de gajos de la cubierta.	37
<b>Figura 23.</b> Proceso de armado, paso 1.	38
<b>Figura 24.</b> Proceso de armado, paso 2.	38
<b>Figura 25.</b> Proceso de armado, paso 3.	39
<b>Figura 26.</b> Proceso de armado, paso 5.	39
<b>Figuras 27.</b> Proceso de armado, paso 7.	40
<b>Figura 28.</b> Vista superior del invernadero. Se muestran los diferentes sistemas y sus acomodos.	40
<b>Figura 29.</b> Vista del interior del mini-invernadero, ahí se muestran los cultivos verticales en los extremos, el sistema hidropónico al fondo y en primer plano el estanque de acuaponia.	41
<b>Figura 30.</b> Fotogramas del armado de la base entre dos personas. Tiempo total 25 minutos, herramienta empleada: taladro, dado y pijabrocas.	42
<b>Figura 31.</b> Fotogramas del armado del PVC y la cubierta (continua del primero) tiempo total 57 minutos.	43
<b>Figura 32.</b> Se muestran las piezas que conforman la estructura del mini-invernadero, la plataforma móvil y el estanque de acuaponia.	43
<b>Figura 33.</b> Ubicación seleccionada para el montaje de la estructura.	44
<b>Figura 34.</b> Armado del mini-invernadero por dos personas	44
<b>Figura 35.</b> Vista en perspectiva del Prototipo 1.0, completamente instalado y e en funcionamiento. UAQ, FI, Campus Amazcala, Febrero, 2010.	45
<b>Figura 36.</b> Vista lateral del invernadero, la plataforma móvil y el acceso a la misma.	45
<b>Figura 37.</b> Acercamiento a la vista lateral y a la plataforma móvil.	46
<b>Figura 38.</b> Vista trasera del invernadero.	47

<b>Figura 39.</b> Logotipo diseñado para ARMA-dillo mini-invernadero didáctico.	47
<b>Figura 40.</b> Cultivos verticales, se montaron cuatro sistemas verticales cada uno con seis módulos desmontables.	48
<b>Figura 41.</b> El cuadro 1 muestra una imagen de lechugas romanas maduras, 2. Acercamiento de lechuga romana a una semana de haber sido trasplantada, 3. Imagen de lechugas sangrías y romanas, 4. Vista general del sistema.	49
<b>Figura 42.</b> Se muestran los diferentes cultivos con los que se experimentó, se utilizaron diferentes sustratos: composta, tierra negra y fibra de coco.	50
<b>Figura 43.</b> Gráficas de los diferentes micro climas dentro del invernadero.	51
<b>Figura 44.</b> Distribución de los cultivos de acuerdo a los microclimas.	52
<b>Figura 45.</b> Durante el taller se llevo acabo una práctica de cómo germinar en casa, aplicando los principios básicos de un clima controlado.	53
<b>Figura 46.</b> Se dividió a los grupos en equipos de cuatro personas, con el apoyo de maestros, los alumnos germinaron y protegieron sus cultivos. La escuela sigue sembrando como se enseñó en el taller hasta la fecha.	54
<b>Figura 47.</b> En el cuadro 1 se muestra una imagen del proyecto instalado en LA 17ª semana nacional de ciencia y tecnología, 2. Vista superior del mini-invernadero, 3. Usuarios formado esperando entrar a ARMA-dillo 4. Se diseñaron personajes como material de apoyo, colocándose al pie de la estructura, 5. Se llevaron acabo talleres de germinación en cascarones de huevos con los visitantes, 6. Se contó con la asistencia de alumnos de Kinder, Primara, Secundaria y Preparatoria principalmente.	56
<b>Figura 48.</b> . Durante EXPOCYTEQ la estructura y la plataforma móvil fueron instaladas por 4 personas en 30 min. La plataforma sirvió como medio de transporte para el proyecto completo, tal como se muestra en el cuadro 2 y 3.	57
<b>Figura 49.</b> De izquierda a derecha: 1. presentación en la Federación de Colegios y Asociaciones de Profesionistas de Estado de Querétaro (FECAPEQ), en la foto, Francisco Domínguez, presidente Municipal de Querétaro 2009-20012 entregando un reconocimiento de participación; 2 y 3 Presentación al Dr. Luis Hernández, , Director de Investigación y Posgrado de la UAQ.	59
<b>Figura 50.</b> Solicitud de registro ante el IMPI	63
<b>Figura 51.</b> Reconocimiento otorgado por haber impartido el taller “PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO” por Violeta Alvarez Granados durante la semana del medio ambiente; Jardín de Niños Nuevo Arco Iris, Querétaro, Querétaro, México.	64
<b>Figura 52.</b> Reconocimiento otorgado por haber participado con “ARMA-dillo, mini-invernadero didáctico” durante la Exposición de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (EXPOCYTEQ 2010) que se llevó acabo en el Centro Cultural Gómez Morín del 20 al 23 de Octubre del 2010.	65

**Figura 53.** Reconocimiento otorgado por haber impartido la ponencia “IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MODELO ESTRUCTURAL DE MINI-INVERNADERO” por Violeta Alvarez Granados durante el 4to taller de producción bajo invernadero; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México. 10, 11, 12 de Noviembre del 2010. 66

**Figura 54.** MINI-INVERNADERO ARMA-dillo: NUEVO DISEÑO Y APICACIÓN DIDÁCTICA; autor, Violeta Alvarez Granados. Poster publicado durante el 4to taller de producción bajo invernadero; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México. 10, 11, 12 de Noviembre del 2010. 67

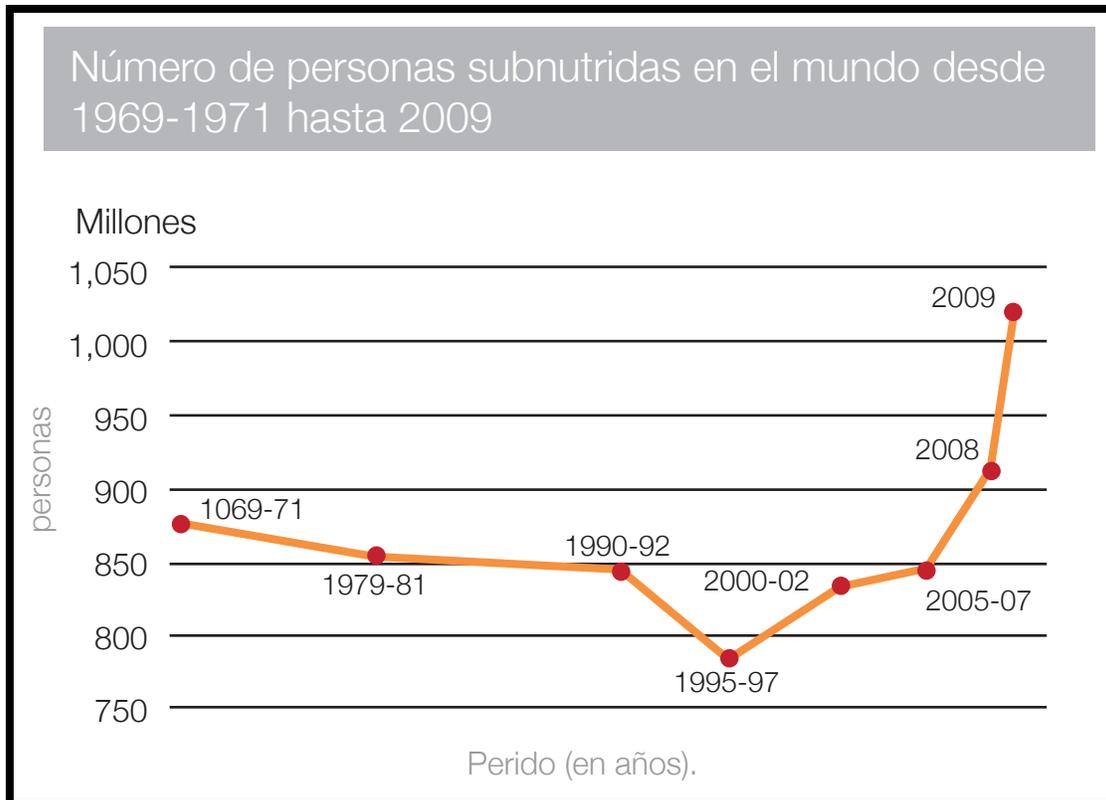
**Figura 55.** Evaluación estructural y funcional del Mini-invernadero didáctico ARMA-dillo: Retos a superar; autor, Violeta Alvarez Granados. Poster publicado durante el 7mo Congreso de Ingeniería; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México. 68

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados de la evaluación grupal, desarrollada como lluvia de ideas, aplicada a alumnos del Jardín de Niños Nuevo Arco Iris.	55
<b>Tabla 2.</b> Resultados de la evaluación a base de lluvia de ideas aplicada a alumnos del Jardín de Niños Nuevo Arco Iris después de EXPOCYTEQ 2010.	58

## INTRODUCCIÓN

Desde el año 2005 al 2009 se registró un incremento en el número de personas subnutridas<sup>1</sup>, pasando de 850 millones a poco más de los 1,000 millones (Fig. 1.0), según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO).



**Figura 1. Número de personas subnutridas en el mundo desde 1969-1971 hasta 2009 (FAO, 2010).**

Así mismo, los ecosistemas se encuentran altamente amenazados (SEEM<sup>2</sup>, 2003) lo que provoca desastres con más efectos secundarios. Los ecosistemas sustentan la vida, ya que no solo suministran alimentos y agua, si no que también mantienen una reserva de recursos genéticos en constante evolución,

<sup>1</sup> Existe subnutrición cuando el aporte calórico es inferior a las necesidades mínimas de energía

<sup>2</sup> Secretaría de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

conservan y regeneran los suelos, fijan nitrógeno y carbono, reciclan nutrientes, controlan inundaciones, filtran contaminantes y polinizan cultivos (FAO, 2010).

De los 13,000 millones de hectáreas con los que cuenta la tierra, casi 5 millones son ocupadas por cultivos y pastos, 4,000 millones en bosques y superficies arboladas, es por eso que los ecosistemas agrícolas<sup>3</sup> son los más gestionados a nivel mundial (FAO, 2007).

La mayoría de la población pobre vive en zonas rurales, muchas personas en entornos marginales y dependen de la agricultura para su subsistencia. Es por esto que la reducción de la pobreza, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, se han convertido en temas de discusión a nivel mundial (SEEM, 2003).

En muchas ocasiones, la agricultura se sitúa en el centro de los problemas relacionados con la degradación de los ecosistemas, ya que pone en riesgo algunos sistemas reguladores como el clima, el agua y la biodiversidad, sin embargo, la agricultura ofrece beneficios a los ecosistemas como las cosechas, el ganado, la pesca y los productos forestales, los cuales pueden ser intercambiados como bienes y servicios (FAO, 2010).

Uno de los retos que enfrenta la economía mundial actualmente es perfeccionar los servicios relacionados con la degradación de ecosistemas y doblar la producción de alimentos convencional para satisfacer las necesidades de una población mundial en crecimiento.

Afortunadamente nos encontramos en el umbral de la era de la tecnología, una gran promesa para solucionar los problemas en el sector de los alimentos y la agricultura, lo cual puede ser promovido mediante el uso de módulos de mini-invernadero (caso Armadillo) que sirvan como auxiliares del aprendizaje para inducir desde edad temprana a los niños de primaria para formar una conciencia de la problemática mundial de alimentación que enfrenta la población.

Conociendo los retos a vencer, surgen nuevos desafíos para los sistemas de investigación, se necesitará la colaboración de los sistemas educativos para poder transferir todo el conocimiento que se genera en los Centros de

---

<sup>3</sup> El término “agrícola” engloba la producción de cultivos, ganado, pesca y productos forestales.

Investigación y Universidades para que este conocimiento sea de dominio público (U.S. Government, 1990).

### **1.1 Modelo educativo actual**

Si los estudiantes han de llegar a ser ciudadanos y ciudadanas responsables, capaces de participar en la toma de decisiones, no debemos ocultarles los dilemas y desafíos actuales, es preciso que les proporcionemos ocasiones para analizar los problemas que se prevén y considerar las posibles soluciones (Hicks, 1995).

La importancia de contar con educación de calidad para tener acceso a niveles superiores de desarrollo es algo reconocido, es por eso que la escolaridad mínima, es una norma establecida a nivel nacional.

En México, la Constitución Política y la Ley General de Educación de 1993 (reformada en 2002, 2004 y 2006) son los principales cuerpos legales que regulan el sistema educativo, asimismo, se encargan de establecer los fundamentos de la educación nacional. En ellos, se estipula que todo individuo tiene derecho a recibir educación y que la federación, los estados y los municipios la impartirán en los niveles de preescolar, primaria y secundaria. Además, decreta que la educación primaria y secundaria son obligatorias por lo que el Estado tiene el deber de impartirlas.

La educación proporcionada por el Estado, tal como dice la Constitución Política, tenderá a desarrollar armónicamente todas las facultades del ser humano y fomentará el amor a la Patria y la conciencia de la solidaridad internacional. Se establece también que toda la educación que el Estado imparta será gratuita y que éste promoverá y atenderá todos los tipos y modalidades educativos, incluyendo la educación superior, apoyará la investigación científica y tecnológica y alentará el fortalecimiento y difusión de la cultura de México.

Dentro de los fines que el Estado tiene al impartir la educación se encuentran los siguientes (UNESCO<sup>4</sup>, 2010):

---

<sup>4</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.  
<http://www.unesco.org>

- Contribuir al desarrollo integral del individuo, para que ejerza plenamente sus capacidades humanas.
- Favorecer el desarrollo de facultades para adquirir conocimientos, así como la capacidad de observación, análisis y reflexión críticos.
- Promover el valor de la justicia, de la observancia de la ley y de la igualdad de los individuos ante ésta, así como propiciar el conocimiento de los derechos humanos y el respeto a los mismos.
- Fomentar actitudes que estimulen la investigación y la innovación científicas y tecnológicas.
- Inculcar los conceptos y los principios fundamentales de la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable, así como la valoración de la protección y conservación del medio ambiente como elementos esenciales para el desenvolvimiento armónico e integral del individuo y la sociedad.
- Fomentar actitudes solidarias y positivas hacia el trabajo, el ahorro y el bienestar general.
- Fomentar los valores y principios del cooperativismo.

La impartición correcta de estos lineamientos deberán fomentar en el alumno un desarrollo integral, basados en la observación, el análisis y la reflexión crítica, cualidades fundamentales que permitirán al alumno ser generador de soluciones innovadoras a futuro.

## **1.2 Proyecto ARMA-dillo mini-invernadero didáctico**

Con el objetivo de brindar una herramienta al sistema educativo nacional, surge el proyecto ARMA-dillo mini-invernadero didáctico.

Por medio de observación, análisis y comprensión, se busca que los alumnos de 4to a 6to año de educación primaria aprendan diversos fenómenos físicos, químicos y biológicos que suceden dentro de un ambiente controlado.

Implementando 4 diferentes sistemas de policultivo, un sistema de cero desperdicio, el reciclaje de agua y una estructura desarmable, se busca que los alumnos de 9 a 14 años complementen de manera práctica los conocimientos adquiridos en el aula, siguiendo los principios básicos del constructivismo dentro del invernadero, así docentes y directivos podrán apoyarse de herramientas didácticas para dejar que sea el alumno quien genere su propio conocimiento.

De ésta manera, ARMA-dillo mini-invernadero didáctico es un proyecto que pretende impactar principalmente en:

- El desarrollo de la educación nacional, brindando una herramienta al sistema educativo actual.
- La enseñanza al alumno de 4 principales principios: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser (Delors, 1996).
- En el desarrollo de nuevas tecnologías, brindando el acceso al conocimiento demandado en el mundo.
- En el ecosistema, gracias a la sostenibilidad del proyecto, donde se busca lograr una comprensión del sentido de la responsabilidad y de la solidaridad, sobre la base de ayudar a comprender el mundo y a comprender a generaciones futuras.
- En la sociedad, ofreciendo múltiples posibilidades de aprender, tanto en la escuela como en la vida económica, social y cultural. Coincidiendo con la noción de sociedad educativa, en la que todo puede ser ocasión para aprender y desarrollar las capacidades del individuo.

### **1.3 Hipótesis y objetivos**

#### **Hipótesis**

Los alumnos que interactúan directamente con la estructura dentro del proyecto ARMA-dillo mini-invernadero didáctico desarrollan un mayor conocimiento sobre los conceptos básicos de un invernadero que los alumnos que no interactúan con ella.

#### **Objetivo general**

Diseñar un mini invernadero didáctico (menor a 30m<sup>2</sup>) como herramienta para la enseñanza de aspectos generales sobre invernaderos y los diversos fenómenos físicos, químicos y biológicos que se presentan en los mismos.

#### **Objetivo específico**

Desarrollar una estructura de fácil ensamble usando la técnica Poka-yoke, que cumpla con características estructurales y climáticas similares a las de un invernadero de escala comercial, de fácil manejo y que sirva como un sistema auxiliar de aprendizaje.

## 2.1 Teoría del diseño emocional

Bill Moggridge, fundador de IDEO<sup>5</sup>, forjó la teoría del diseño emocional, fundamentada en que el producto debe cumplir con la función de interacción, lo que significa que durante el proceso de uso, las personas pueden y deben involucrarse emocionalmente con el producto a través del intercambio de información con él.

La mayoría de los problemas que existen en la interacción entre personas y objetos no corresponden a las personas (usuarios) sino a los diseñadores.

Es necesario reenfocar el diseño, pasando de diseñar cosas prácticas (funcionan bien, se entienden bien) a productos y servicios que se disfruten, provoquen placer y hasta diversión, es decir hacer que nuestras vidas sean más placenteras (Norman, 2004)

El fin último para el diseño al implementar esta teoría es diseñar un producto interactivo, útil y agradable (Xuesong, 2008).

En su libro *Why we love (or hate) every day things*, Norman dice que nos sentimos mucho más vinculados a aquellos productos que nos son cercanos. Por tanto, la verdadera personalización y la customización<sup>6</sup> marcan al gran diferencia. Tan pronto como establecemos algo de compromiso o involucración respecto a un producto, es nuestro para siempre.

Durante este proceso, los usuarios experimentan tres etapas psicológicas:

- La percepción del mundo exterior.
- El proceso de conocimiento.
- La reflexión en el producto.

Los nuevos productos sostenibles deben infundir un nuevo sentido y valor en el área crítica del quehacer humano, que en muchos aspectos se ha convertido en

---

<sup>5</sup> Reconocida firma de diseño a nivel mundial que implementa el diseño centrado en el humano, ayudando a organizaciones del sector público y privado, innovando y creciendo. <http://www.ideo.com/>

<sup>6</sup> Se le conoce así al resultado de la transformación de un producto estándar en uno realizado acorde a las preferencias y exigencias del cliente y el mercado. En este proceso, el cliente selecciona componentes, material, color, marca, funciones, etc. (Bellido, 2007).

un rumbo superficial, enfocándose únicamente al empleo de materiales amigables con el medio ambiente. Un nuevo enfoque propone, reforzar la cultura crítica con soluciones enfocadas en cambios positivos sociales, económicos y ambientales. Solo entonces lograremos la verdadera sostenibilidad (Chapman, 2009).

## **2.2 Sostenibilidad**

En Octubre de 1984 se reunió por primera vez la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (WCED por sus siglas en Inglés, World Commission on Environment and Development) con el objetivo de establecer una agenda global para el cambio (A global agenda for change). Se partió de la premisa de que es posible para la humanidad construir un futuro más prospero, más justo y más seguro.

Así en 1987, en su informe, Nuestro Futuro Común, se establece la primera definición de desarrollo sostenible (o desarrollo sustentable), como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, a partir de entonces se incorporó esta definición en todos los programas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (WCDE, 1987). Dentro de esta definición existen dos elementos fundamentales (Foladori, 1999):

- la garantía para las futuras generaciones de un mundo físico-material y de seres vivos igual o mejor al que existe actualmente.
- un desarrollo con equidad para las presentes generaciones.

Al inicio del siglo XXI, el problema de la sostenibilidad global comenzó a hacerse ampliamente reconocido por líderes mundiales y la ciencia, dejando claro que es necesaria la implementación de 3 fundamentos para garantizar las necesidades de generaciones futuras:

- la comunidad científica deberá utilizar las metodologías adecuadas de acuerdo a las necesidades emergentes.
- el desarrollo científico debe estar ligado a la agenda política para el desarrollo sostenible.

- el desarrollo tecnológico debe centrarse en la interacción naturaleza-sociedad, promoviendo el aprendizaje social para lograr la sostenibilidad (Adam, 2006).

### **2.3 Educación sostenible**

Proteger el mundo en el que vivimos es proteger a la infancia y, a la inversa, proteger la infancia, es proteger el mundo.

La alteración a los ecosistemas, el crecimiento de la población, la falta de alimentos, el mal manejo de los recursos naturales, la escasez de agua, la pobreza y la desigualdad son solo algunas de las consecuencias que surgieron por el cambio climático. Por esto se necesita buscar alternativas, producir conocimiento, orientar la acción educativa hacia la búsqueda de un mundo más hospitalario, principalmente para los niños (UNESCO<sup>7</sup>, 2008).

La educación es fundamental para promover el desarrollo sostenible y mejorar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones como desarrollo humano, protección al medio ambiente, el cambio climático, cuestiones de género, la educación multilingüe y global, los cuales se tratan a nivel educativo con el nombre de educación sostenible (UNESCO, 2011).

Las investigaciones muestran que la educación básica es clave para que un país pueda desarrollar y cumplir los objetivos de sostenibilidad (Edwards, 2003).

La educación puede mejorar la productividad agrícola, la situación de desigualdad, reducir la tasa de población, mejorar la protección del medio ambiente y en general elevar el nivel de vida.

Cuando se estudian los problemas y desafíos concernientes al futuro de la humanidad, el objetivo fundamental, señalado por los expertos, es sentar las bases de un desarrollo sostenible (Comisión Mundial de Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988).

En América Latina se han realizado importantes avances en la educación, sin embargo, aún existen grandes deficiencias en los sistemas educativos, los cuales deben habilitar efectivamente a todas las personas en la toma de

---

<sup>7</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

decisiones responsables y fundamentadas en el ámbito personal y colectivo, que les permita hacer frente a los desafíos del presente y del futuro, comprometiéndose así en la construcción de un futuro común para todos.

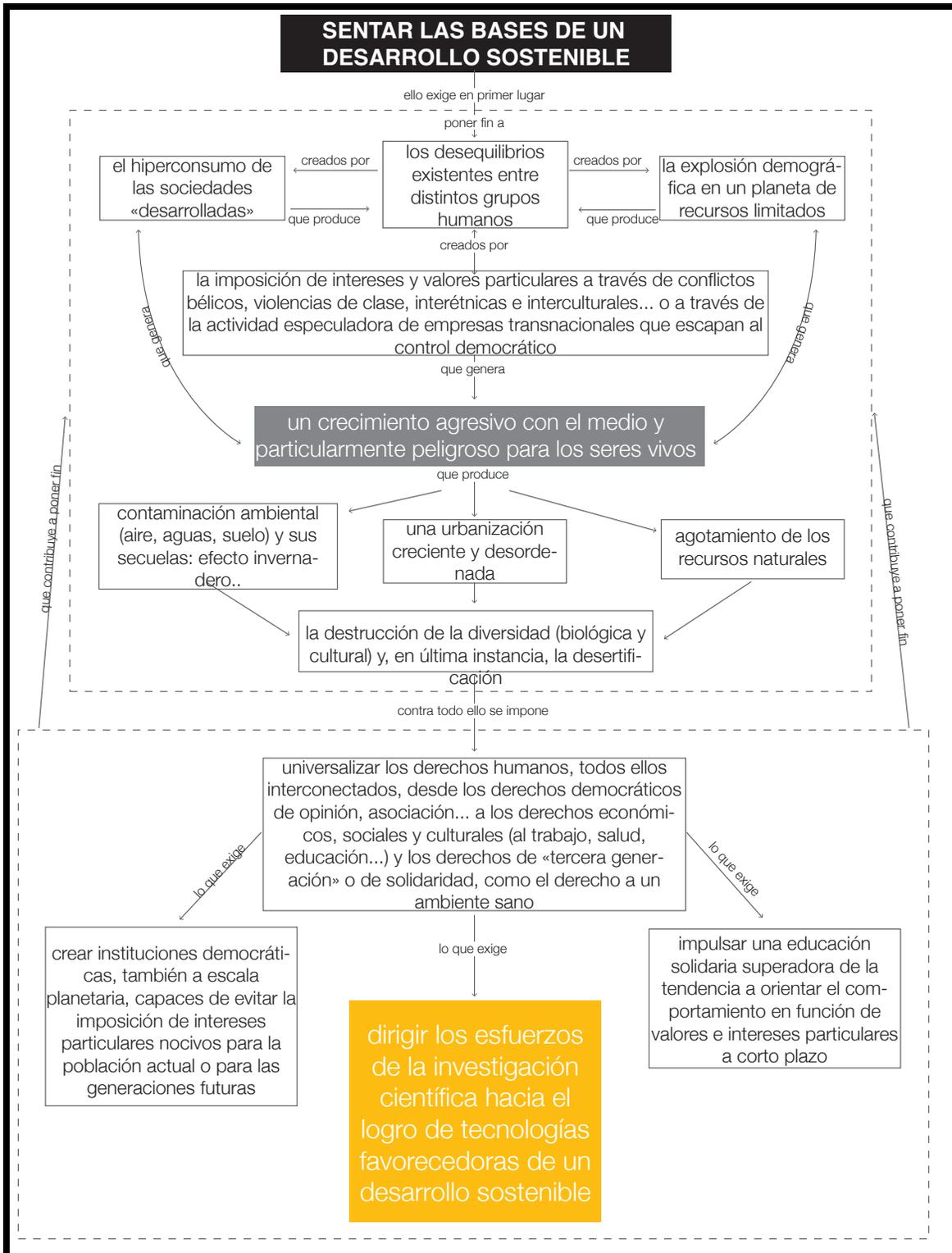
Lo que exige dirigir los esfuerzos de la investigación científica hacia el logro de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible, transfiriendo el conocimiento generado en los centros de investigación para que las instituciones educativas conozcan y apliquen este conocimiento en las escuelas y en la vida diaria (Edwards, 2003).

La implementación del proyecto ARMA-dillo, mini-invernadero didáctico, ayudará al alumno a aplicar los conocimientos adquiridos en el aula y en su vida cotidiana, sin embargo, para que el objetivo pueda cumplirse es necesario que el alumno desarrolle interés por el proyecto.

En México la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es un concepto en construcción, que está estrechamente vinculado con la situación global. La Academia Nacional para la Educación Ambiental (ANEA) y UNESCO han implementado diversos proyectos donde los resultados muestran una consolidación creciente en los ámbitos de la vida nacional. Los principales resultados han impulsado a la reflexión sobre la integración de la EDS en los planes de desarrollo nacional, en la calidad de la educación y el formación de docente (UNESCO, 2011; Mercado, 2008).

Los nuevos productos enfocados a la sostenibilidad, deben difundir un nuevo sentido y valor en la vida humana, el cual, de muchas formas ha perdido dirección, volviéndose superficiales (Fig. 2.0).

El diseño sostenible está en crecimiento, ya que cada vez se ocupa más, no solo en los materiales, sino, de los aspectos económicos y sociales de la sostenibilidad.



**Figura 2. Una situación de emergencia planetaria, Problemas y desafíos. (Edwards,2003)**

## 2.4 Desarrollo cognitivo

Las etapas del desarrollo cognitivo según Piaget.

Según Piaget<sup>8</sup> existe una relación directa entre el desarrollo intelectual y el biológico del individuo.

El primero, es necesariamente lento y cualitativo, ya que la evolución de la inteligencia supone la aparición progresiva de distintas etapas, las cuales se diferencian por la construcción de esquemas cualitativamente diferentes (BERK, 1999).

Según Hoffman en la psicología el desarrollo hoy, la teoría Piagetiana divide los estadios de desarrollo cognitivo desde la infancia hasta la adolescencia, estableciendo cómo las estructuras psicológicas se desarrollan a partir de los reflejos innatos, se organizan durante la infancia en esquemas de conducta, se internalizan durante el segundo año de vida como modelos de pensamiento y durante la infancia y la adolescencia se desarrollan en como complejas estructuras intelectuales que se caracterizan en la vida adulta.

El desarrollo cognitivo se divide en cuatro periodos (Palacios, 1999):

1. etapa sensoriomotora: la conducta del niño es esencialmente motora, no hay representación interna de los acontecimientos externos ni piensa mediante conceptos. Se presenta de los 0 a los 24 meses (Palacios, 1984).
2. Etapa preoperacional: Imita objetos de conducta, juegos simbólicos, dibujos, imágenes mentales y el desarrollo del lenguaje hablado. Se divide en dos estadios el preconceptual y el intuitivo. Se presenta de los 2 a los 7 años.
3. Etapa de las operaciones concretas: los procesos de razonamiento se vuelven lógicos y pueden aplicarse a problemas concretos y reales. Se presenta de los 7 a los 12 años.

---

<sup>8</sup> Psicólogo Suizo, desarrolló la teoría sobre la naturaleza del conocimiento, donde dice que los principios de la lógica comienzan a desarrollarse antes que el lenguaje generados a través de las interacciones que el bebé tenga con el medio.

4. Etapa de las operaciones formales: se logra la abstracción de conocimientos concretos, el cual le permite emplear el razonamiento lógico inductivo y deductivo. Se forma la personalidad y hay un mayor desarrollo de los conceptos morales.

## **2.5 Descripción del método Poka-yoke**

Aunque el concepto de poka-yoke ha existido por un gran tiempo (no se sabe cuánto exactamente), fue Toyota<sup>9</sup> (específicamente el ingeniero industrial Shingeo Shingo) quien desarrolló la idea de cero defectos y por lo tanto erradicó las inspecciones de control de calidad (Kogyo, 1987).

En un principio él llamó a este método "a prueba de tontos", sin embargo, consciente de lo agresivo que podría resultar este nombre para los trabajadores, Shingeo cambió lo cambió por poka-yoke (evitar (yokeru) errores inesperados (poka)), traducido como "a prueba de errores" o "a prueba de fallas"(Fisher, 1999).

La idea principal es crear un proceso donde los errores sean imposibles de presentarse, eliminando así los defectos de cualquier producto, ya sea previniendo o corrigiéndolos lo antes posible.

La premisa es: si no se permite que se presenten errores en línea de producción, entonces habrá calidad y poco re trabajo. Los sistemas poka-yoke implican llevar acabo el 100% de inspección y acción inmediata cuando los errores ocurren (Miranda, 2006).

Shingo hizo una clara distinción entre un error y un defecto. Los errores son inevitables; las personas son humanos y no se puede asegurar su concentración todo el tiempo o la comprensión abasoluta de las instrucciones que se les dan. Los defectos resultan de permitir los errores lleguen a los usuarios y son completamente evitables (Shingo, 1988).

---

<sup>9</sup> Sistema de producción inventado y promovido por Toyota Motor Corporation ha sido adoptado por muchas empresas japonesas como consecuencia de la crisis del petróleo de 1973. La finalidad principal del sistema es eliminar a través de las actividades de mejoras varias clases de desperdicio que se encuentran en una empresa (Monden, 1996).

Los métodos y dispositivos para aplicar el poka-yoke pueden resolverse desde el diseño de las piezas, un ejemplo cotidiano son los enchufes trifásicos.

## **2.6 Invernaderos**

Se pueden definir como estructuras usadas para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, las cuales optimizan la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior (Vázquez, 2011).

La necesidad de mejorar los sistemas de producción de hortalizas, la diversificación productiva y los cambios en los ecosistemas nos han obligado a implementar nuevas técnicas agrícolas. Un invernadero es una herramienta muy útil para producir fuera de temporada, aumentar rendimientos, acortar ciclos vegetativos de las plantas y producir alimentos de calidad (Barrios, 2004).

Para asegurar una mejor transferencia del conocimiento relacionada con el proyecto **ARMA-dillo mini-invernadero didáctico**, es necesario fijar claramente a los usuarios del sistema los siguientes conceptos.

### **Efecto invernadero**

Son las radiaciones solares que son absorbidas por los cuerpos existentes en la tierra, los cuales se calientan y transforman las radiaciones electromagnéticas en energía calorífica.

La radiación, conducción, convección y reflexión, ayudan a la energía calorífica a conducirse en la atmósfera y en los cuerpos existentes por la superficie terrestre en forma de longitud de onda larga.

El calor irradiado por la tierra permanece gracias al vapor de agua de la atmósfera, ya que este absorbe las radiaciones de longitud de onda corta que envía el sol. Es por esto que la atmósfera terrestre hace el efecto de cubierta de un invernadero que permite el paso de las radiaciones solares y no deja escapar las radiaciones terrestres. Es decir, comparte las características de ser transparente permitiendo pasar ondas cortas y no deja pasar las ondas largas (Serrano,2005).

## **Radiación solar**

Se define como la cantidad de energía total de origen solar que recibe una superficie horizontal en un centímetro cuadrado en un espacio de tiempo determinado. Su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado) (Serrano,2005).

## **Temperatura**

La transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración y fructificación de las plantas en cultivo, son funciones vitales de los vegetales en las cuales influye la temperatura. En promedio, los vegetales soportan temperaturas entre los  $0^{\circ}$  a los  $70^{\circ}$  C, si llegan a sobrepasar estos límites, la mayoría de los vegetales mueren.

El balance térmico de un invernadero depende de las aportaciones y pérdida de calor que tenga. La temperatura es de vital importancia dentro del invernadero, ya que cada especie cultivo necesita una temperatura óptima para su desarrollo normal. Se mide en grados Celsius ( $^{\circ}$ C) en el Sistema Internacional de Unidades (Serrano,2005).

## **Ventilación**

El aire del interior del invernadero debe ser renovado para poder actuar sobre la temperatura, humedad relativa,  $CO_2$  y el oxígeno de la atmósfera del invernadero. La ventilación esta directamente relacionada con el correcto funcionamiento del microclima, ya que condiciona los procesos fisiológicos que ocurren en los vegetales que se cultivan en el invernadero. Existen dos tipos de ventilación (Serrano,2005):

1. Ventilación natural: se basa en que el aire caliente pesa menos que el aire frío, por lo tanto, el aire caliente flota. Esta ventilación se hace mediante la apertura y cierre de ventanas.
2. Ventilación forzada: consiste en hacer pasar una corriente de aire mediante ventiladores-extractores, por los cuales se extrae el aire caliente de los invernaderos.

### **Humedad relativa**

Se refiere a la humedad total de agua que hay en el ambiente, por lo que se expresa a manera de porcentaje, es decir, la humedad relativa del 30% significa que del 100% de vapor de agua que podría contener el ambiente a cierta temperatura, solo tiene el 30%. (Campos, 2006)

A medida que aumenta la temperatura interna del invernadero, disminuye la humedad relativa de la misma. También al disminuir la temperatura, aumenta la humedad relativa. Los factores que se ven directamente afectados son la transpiración, crecimiento de la planta, fecundación de flores y desarrollo de enfermedades (Serrano, 2005).

### **Diafanidad**

Cualidad de los materiales para dejar pasar la luz, ayuda para que la planta pueda realizar funciones vitales como la fotosíntesis, respiración, crecimientos y la transformación de calor. Es por eso que el diseño, debe considerar los materiales para su construcción.

### **Materiales para estructuras**

Las estructuras de los invernaderos deben ser ligeras y resistentes, de material económico y de fácil conservación, que ocupe poca superficie interna para su almacenamiento, y que sea de fácil adaptación.

Siguiendo estos parámetros, existen materiales que ya han sido explorados y aplicados (Alpi, 1998).

#### *Estructuras de madera*

Tienen la gran desventaja de ser de poca duración, sin embargo su construcción está permitida para aquellos lugares donde este material abunda (Alpi, 1998).

### *Estructuras metálicas*

Se utiliza comúnmente hierro galvanizado o cualquier otro tipo de recubrimiento para evitar la oxidación ya que la estructura se encuentra sometida comúnmente a altas temperaturas (Serrano,2005).

### *Estructuras de pvc*

Es utilizado comúnmente para el diseño de invernaderos elípticos, debido a las características de flexibilidad y resistencia (Serrano,2005).

### **Materiales para cubiertas**

Uno de los principales elementos a considerar en el diseño y fabricación de invernaderos, es la cubierta, ya que de ésta dependen varios factores para el control climático interno (Alpi, 1998).

### *Vidrio*

Fue el primer material utilizado en invernaderos, presenta grandes ventajas como brindar temperatura estable y elevada. tiene muy buena transmisión óptica y térmica. Conserva sus propiedades durante largos periodos (Alpi, 1998).

### *Plásticos de invernadero*

Son fabricados de polietileno y de acuerdo a sus características se dividen principalmente en dos tipos: monocapa y coextruido, el segundo, es más resistente debido a su estructura molecular. Sin embargo, ambos son fácilmente sustituibles en caso de dañarse, son ligeros y económicos en comparación al vidrio (Alpi, 1998).

### **Tipos de invernaderos**

El objetivo principal de un invernadero es mantener el clima apropiado para el cultivo. Es por eso que debe contar con la resistencia estructural adecuada para soportar su propio peso y las cargas externas a las que será expuesto: como lluvia, aire, nieve y granizo.

Adicionalmente el diseño del invernadero debe cumplir con las siguientes condiciones (Vilas, 2006):

- Una alta transmisión de luz
- Un bajo consumo de calor
- Eficiencia de ventilación
- Bajo costo de construcción

El diseño estructural debe resolver ciertas condiciones y requerimientos (antes mencionados), es por eso que resulta importante mencionar que no existe una solución única. Ésta dependerá de las condiciones climáticas, técnicas, culturales, legales y económicas de la localización, de modo que la forma estructural del invernadero influye en la temperatura, humedad relativa, transmisión de la luz y movimiento del aire al interior. Los invernaderos se pueden clasificar de acuerdo a su material, tipo de uso y como se describe a continuación, por su perfil externo (Fig. 3).

*Plano:*

Son construcciones utilizadas para lugares de poca lluvia, no se aconseja su construcción ya que resisten muy poco debido a su forma de techos planos.

*Capilla:*

Este tipo de invernadero se divide en dos, en el simple (que puede ser a dos o una aguas) o el doble. Funcionan básicamente de la misma manera, ambos diferenciándose únicamente por el ángulo de techo.

*Diente de sierra:*

Este tipo de invernadero presenta las mismas características que el tipo capilla, sin embargo también cuenta con varios inconvenientes como menor volumen de aire.

*Asimétricos (inacral):*

La inclinación o pendiente de la cara sur debe ser lo más aproximado para que la incidencia de los rayos solares sobre la cubierta, al medio día,

se acerquen a la perpendicular en los meses de Diciembre-Enero (Serrano, 2005).

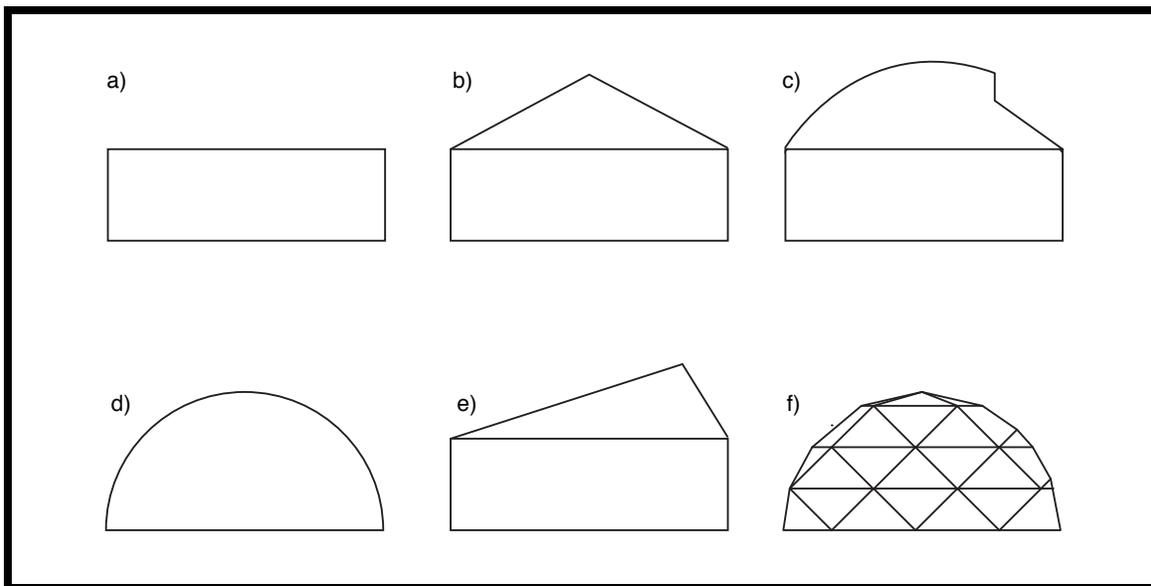
**Semi-elíptico:**

Estos invernaderos presentan gran diafanidad, gran volumen de aire, pocos obstáculos y bastante estanqueidad.

**No convencionales (geodésicos):**

Actualmente existen otro tipo de estructuras con formas más caprichosas, las cuales presentan ventajas y desventajas para su aplicación. Una de ellas es la construcción de domos geodésicos.

El primer domo geodésico fue diseñado por Walter Bauersfeld y construido en 1922.



**Figura 3. Clasificación de invernaderos por su perfil externo: a) plano, b) capilla, c) diente de sierra, d) semi-elíptico e) asimétrico, f) no convencionales.**

**Estructuras**

La eficiencia y producción de un invernadero depende en gran parte del diseño estructural. Los materiales que se emplean son de gran importancia ya que deben ser durables, económicos y eficientes. En la mayoría de los invernaderos, sus estructuras constan de un soporte de madera o metal y una cubierta de polietileno transparente, policarbonato o vidrio (Wilkerson, 2004).

La forma del techo influye en la cantidad de luz que entra en el invernadero. Los redondos son los más efectivos, sin embargo, el diseño más utilizado a nivel mundial, es la estructura tipo capilla, ya que su construcción es más sencilla (Barrios, 2004).

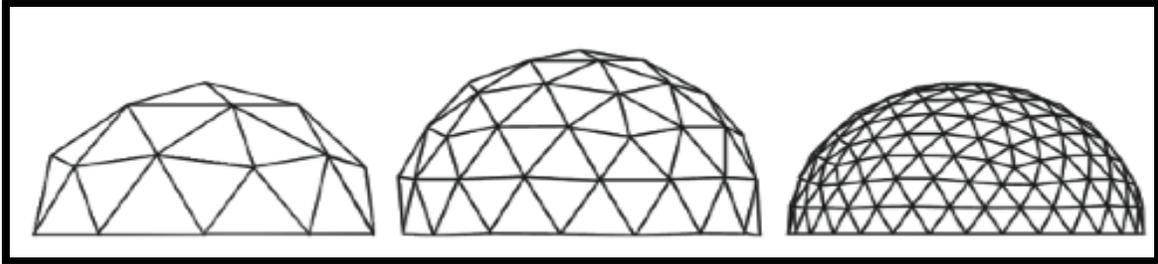
Dentro de la clasificación de invernaderos se encuentran los no convencionales, como los domos geodésicos, estructuras que gracias a la simplicidad de armado, pueden resultar muy económicas.

Las estructuras geodésicas, son marcos compuestos de triángulos que al juntarse forman hexágonos (algunas veces pentágonos) y dan como resultados domos o esferas. Entre más triángulos se utilicen, mas se asemeja a una esfera el resultado final. Se caracterizan por ser extremadamente fuertes y eficientes cuando se construyen con materiales como el metal, madera o concreto y pueden ser empleadas para cubrir áreas muy extensas sin soporte interno alguno.

En un domo convencional, los materiales trabajan bajo compresión, en un domo geodésico los elementos estructurales forman triángulos que se encuentran en su mayoría bajo tensión. De esta manera, las cargas se distribuyen equitativamente como una red. Ya que los triángulos son estructuras fuertes y rígidas, así que una red de triángulos produce una de las estructuras más fuertes que existen.

La primer estructura geodésica fue un planetario construido en Alemania en 1922 por Walter Bauersfeld, sin embargo, fue el americano Richard Buckminster Fuller, quien más ha estudiado las geodésicas. Su sistema fue inventado en 1940, independientemente del diseño alemán y se ha utilizado y desarrollado a nivel mundial con diversos proyectos arquitectónicos.

Buckminster Fuller proponía las estructuras geodésicas (Fig. 4) como una solución a los sistemas constructivos de las casas, ya que los materiales prefabricados disminuían costos y su fácil armado permitiría sistematizar el proceso (Cavendish, 2003).



**Figura 4. Cúpula geodésica, diseñada por Buckminster Fuller. Entre más elementos constructivos tenga la estructura, su forma asemejará más a la de una esfera.**

## **2.7 Fundamentos para transferencia de tecnología**

La tecnología es considerada como una de las fuentes principales de la competitividad ya que integra conocimientos, máquinas, herramientas, métodos y relaciones económicas y sociales del medio orientados a la satisfacción de necesidades, permite la generación de nuevos productos, procesos, servicios y sistemas, así como la mejora a los que ya existen (Solleiro, 2008).

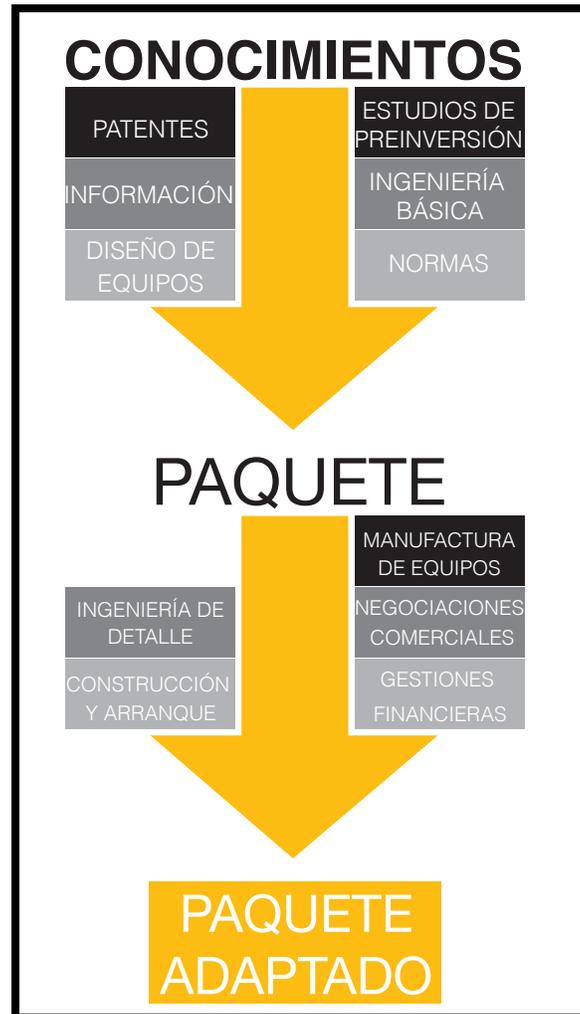
Su punto de origen es la creatividad, la intuición, la inteligencia y la prospectiva, sin embargo, una de las características más importantes, es que está determinada por las necesidades sociales o demandas del mercado, por lo que tiene una fuerte implicación económica.

La innovación tecnológica es un proceso que consiste en conjugar capacidades técnicas de las empresas con demandas del mercado, estructurando un paquete tecnológico (Fig. 5), el cual, tiene por objetivo generar productos o servicios nuevos o mejorados, con el fin de atender oportuna y eficientemente las demandas del mercado.

Por esto la innovación, se define como la combinación creativa de conocimientos, cuya aplicación debe ser útil, redituable, constructiva o adecuada para solucionar un problema o cubrir una necesidad (Martínez, 2001).

El paquete tecnológico es un conjunto de elementos que constituye el *KNOW HOW* (el saber cómo) tecnológico de un desarrollo innovador de producto, servicio o proceso (PSP), el cual es factible introducir al mercado (Paredes, 1992).

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo tecnológico genera producción de bienes y servicios de manera competitiva, ya que busca siempre la eficiencia en el uso de los recursos científicos y tecnológicos, para esto ha sido necesaria la colaboración entre competidores, proveedores y otras instituciones como las Universidades.



**Figura 5. Los elementos básicos del paquete tecnológico. (Solleiro, 2008)**

A ésta colaboración interinstitucional se le conoce como transferencia tecnológica, Lundquist, (2003) lo define específicamente como el paso de una técnica o conocimiento, que ha sido desarrollado en una organización a otra organización donde es adoptada y usada.

Las Universidades son unas de las principales fuentes generadoras de conocimiento y un gran apoyo para el crecimiento de otras participantes en la emergencia de tecnologías (Godin, 2000)

## METODOLOGÍA

### 3.1 Lugar de desarrollo del sistema

El desarrollo del proyecto se dividió en seis etapas, utilizando las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ingeniería (FI), Campus Universitario y Campus Amazcala. Para desarrollo y montaje del proyecto se utilizó el cronograma mostrado en la Fig. 6.

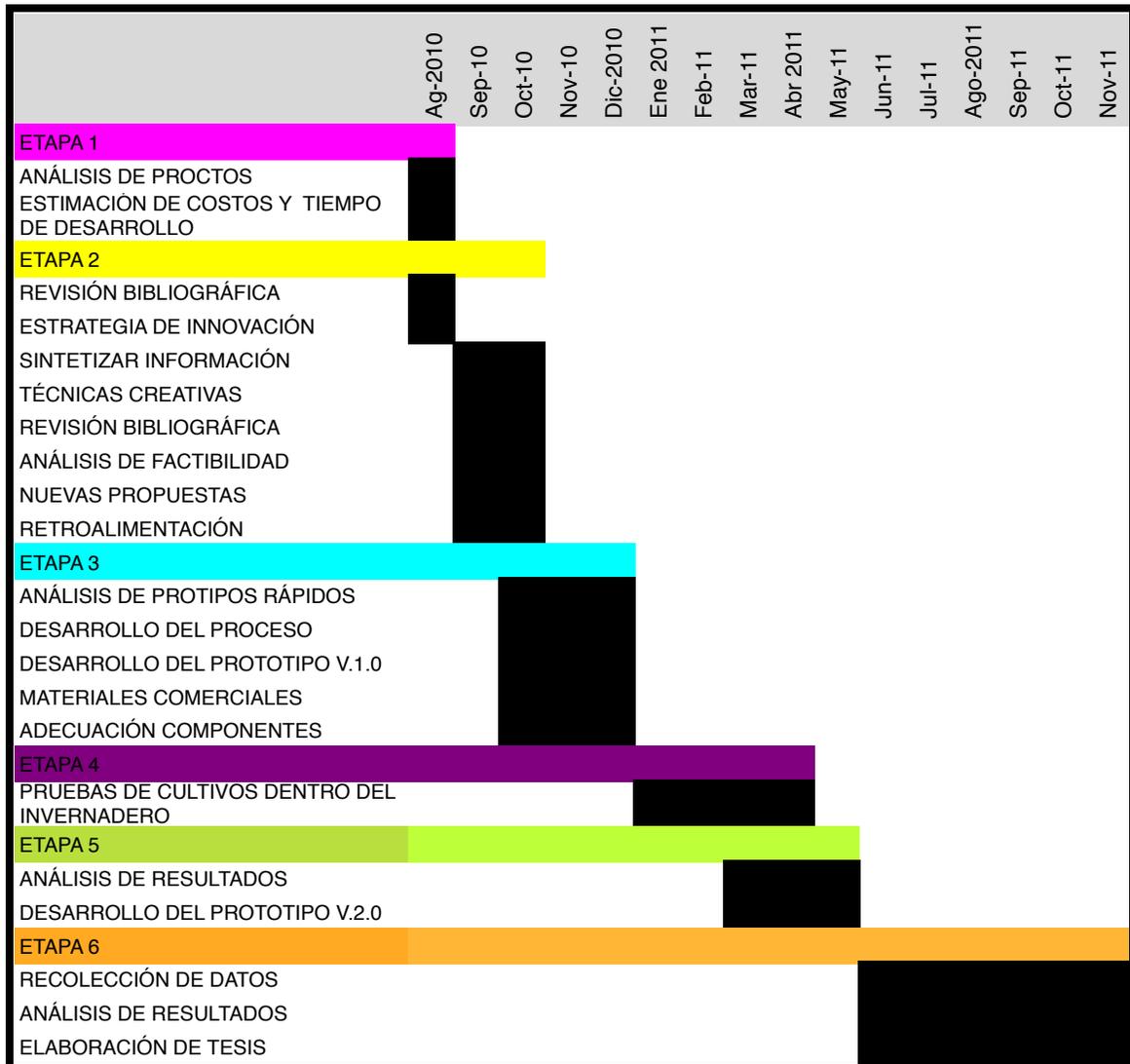


Figura 6. Cronograma de actividades Agosto 2010-Noviembre 2011.

## CAMPUS UNIVERSITARIO

Ubicación (Fig. 7): Cerro de las Campanas s/n col. Las Campanas, Querétaro, Querétaro, México.

Recursos Materiales: Laboratorio de materiales, Centro de Diseño e Innovación Tecnológica (CEDIT).



**Figura 7. De izquierda a derecha; vista aérea de la UAQ; Instalaciones internas del edificio; instalaciones externas del CEDIT.**

Los talleres se utilizaron principalmente para la etapa de desarrollo de concepto del proyecto, así como para la elaboración de prototipos rápidos.

## CAMPUS AMAZCALA

Ubicación: Carretera a Chichimequillas, El Marqués, Querétaro. México. Al norte  $20^{\circ} 42'$ ,  $100^{\circ} 16'$  de longitud oeste. Altitud 1,920 m. (INEGI, 2000). Con clima semiseco templado.

El campus cuenta actualmente cuenta con invernaderos, destinados principalmente a la producción e investigación, así mismo se cuenta con la maquinaria y herramientas necesarias para la fabricación de los mismos.

Se eligió este campus para el montaje del proyecto, debido a la pertinencia en cuanto a recursos materiales y humanos.



**Figura 8. De izquierda a derecha; vista aérea del Campus Amazcala de la UAQ, FI; vista de exterior de invernadero de producción, parte de las instalaciones del Campus; Acercamiento a uno de los proyectos de investigación que se realizan por los investigadores del Campus; Interior de invernadero de producción.**

### **3.2 Descripción del invernadero didáctico Armadillo**

Tomando como base el diseño emocional, el proyecto se desarrolló en 6 etapas, las cuales abarcan desde la investigación previa, hasta el diseño de un modelo de negocio como paquete tecnológico.

El primer paso para el diseño de la estructura fue la consolidación de un equipo de trabajo multidisciplinario (Fig. 9), donde Diseño Industrial e Ingeniería brindaran diversas soluciones ante las mismas problemáticas.



**Figura 9. El equipo se conforma por el M. en C. Omar Valencia Hernández, asesor y responsable del proyecto. LDI. Alberto Luna Rubio, LDI. Carla Reséndiz Villaseñor y LDI. Martha Olivia Ontiveros López, colaboradores.**

### *ETAPA UNO / BENCHMARKING.*

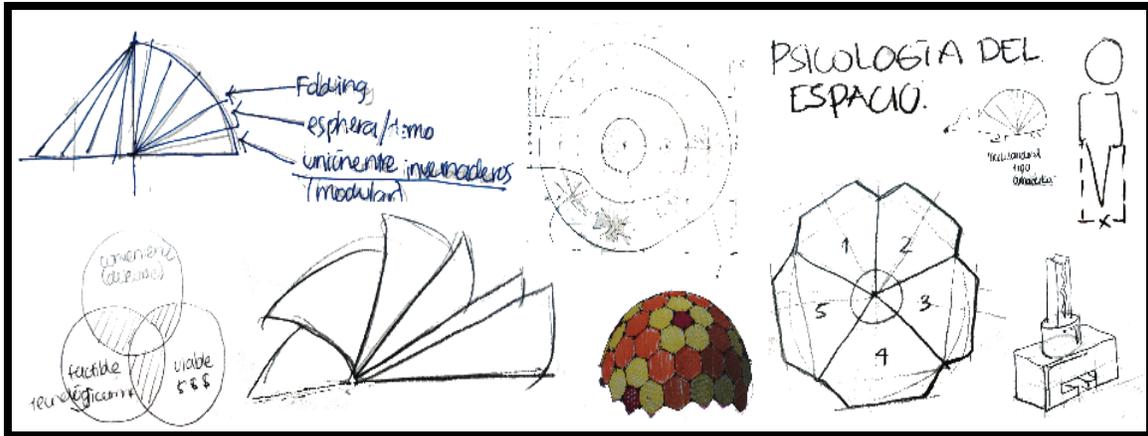
Para el desarrollo del proyecto, fue necesaria la investigación previa de productos existentes, rescatando como uno de los más reconocidos a nivel mundial el proyecto Eden (Fig. 10) invernadero ubicado en el Reino Unido, con 50 has. de construcción, se han instalado más de un millón de diferentes especies de plantas con el objetivo de brindar un espacio donde las personas puedan conocer y aprender sobre fenómenos naturales.



Figura 10. Proyecto Edén, Reino Unido. <http://www.edenproject.com/>

### *ETAPA DOS / CREATIVA*

La creatividad aunada al conocimiento nos da como resultado un modelo de innovación tecnológica. Por lo que se establecieron formalmente dos meses para el desarrollo de técnicas creativas (Fig. 11 y 12), sin embargo, durante el desarrollo completo del sistema, la creatividad estuvo presente para la solución de problemas.



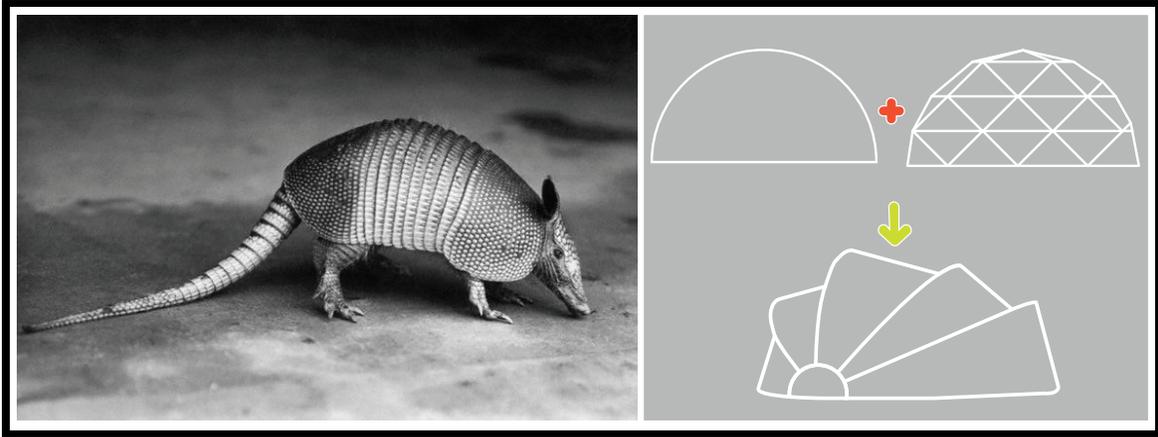
**Figura 11. Etapa 2, desarrollo de técnicas creativas de diseño: lluvia de ideas, bocetaje y elaboración de prototipos rápidos concluyendo en el análisis de factibilidad.**



**Figura 12. Modelos rápidos, de izquierda a derecha, se muestra un concepto de invernadero dividido, donde el sistema acuapónico se encontraba separado de los cultivos para mantener diferentes índices de humedad relativa; mini-invernadero hexacontaedral.**

En el desarrollo de modelos rápidos, se exploró además de las geodésicas, con diferentes cuerpos semiesféricos como los hexacontaedros. Las propuestas se utilizaron para la generación de soluciones alternas a lo ya existente.

Siguiendo con el proceso de desarrollo estructural (Fig. 13) se tomó el armadillo como concepto de diseño, siguiendo la metodología.



**Figura 13. Proceso de desarrollo estructural, de acuerdo al análisis de productos existentes (ventajas y desventajas de invernaderos tipos túnel y geodésicos) se utilizó como concepto de diseño al armadillo debido a sus características físicas y funcionales.**

Siguiendo los principios de la gestión de experiencias, fue como se tomó la decisión de que la estructura sería el primer contacto que tendría el niño con el proyecto, tomando como usuarios directos a alumnos, maestros y docentes de educación básica en Querétaro, surgiendo los siguientes requerimientos básicos para el diseño: ligera, fácil transporte, desarmable y de fácil embalaje, La primera propuesta de diseño (Fig. 14 y 15) consistía en el desarrollo de una estructura plegable que permitiera al alumno tomar las clases prácticas dentro del invernadero sin padecer las temperaturas altas por periodos prolongados.



**Figura 14. En esta etapa, aún no se resolvía el sistema de desplegado, solo era una solución conceptual preliminar.**



**Figura 15. En el análisis de requerimientos técnicos se propuso solucionar el sistema de desplegado por medio de baleros que movieran cada PVC independientemente, sin embargo, la relación costo-beneficio no era favorable para el Prototipo 1.0.**

### ETAPA TRES / PROTOTIPO 1.0

De acuerdo a los análisis de las etapas pasadas, se definió que el Prototipo 1.0 (Fig. 16 y 17) serviría para conocer el comportamiento del micro clima y en base a esto buscar la idealización del sistema para aprender a controlarlo.

La propuesta final del mini-invernadero cuenta con las siguientes características estructurales:



**Figura 16 Modelo final del Prototipo 1.0**

1. La geometría semiesférica de la cubierta del invernadero y su orientación influyen en la transmisividad (fracción de radiación solar que penetra en el invernadero). Con el fin de brindar más tiempo a la planta para realizar la fotosíntesis.
2. La aireación en el invernadero es necesaria para evitar el calentamiento excesivo de día, para mantener los niveles mínimos de  $\text{CO}_2$  y para evitar humedades excesivas en el aire, por esto, se instalaron ventanas en la parte inferior y superior que favorecen al flujo del aire, permitiendo que el aire caliente sea expulsado por la parte superior.
3. El desnivel entre capas permite la captación de agua pluvial, dando paso al reciclaje de recursos para asegurar el sistema cero desperdicio.
4. Cada pieza del invernadero ha sido diseñada para no exceder los 6 kg. de peso máximo que según la Norma Oficial Mexicana (NOM-031-SSA2-1999) pueden cargar dos niños de 9 años con un peso promedio de 24 a 29.7 kg.
5. El invernadero puede ser armado mínimo por dos personas, en caso de ser alumnos, deberán estar bajo la supervisión del un adulto.



**Figura 17. Primeras pruebas de materiales para el montaje del Prototipo 1.0**

Se comenzó con el desarrollo de un modelo de negocio, donde surgió el concepto de invernadero móvil, un sistema transportable que puede estar en

escuelas, museos, centros recreativos y zonas rurales por periodos cortos con fines explicativos (semanas o meses).

Con tal objetivo, fue necesario el diseño de una plataforma capaz de transportar todo el sistema (Fig. 32).

### 3.3 Construcción del invernadero

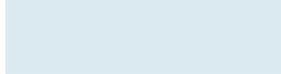
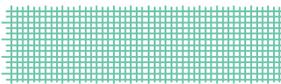
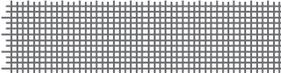
ICONO	NOMBRE	NO. DE PIEZAS
	PVC	10 pzas.
	BASE	10 pzas.
	SOPORTE	2 pzas.
	PLÁSTICO	40 mts.
	MALLA ANTIÁFIDA	12 mts.
	MALLA SOMBRA	12 mts.

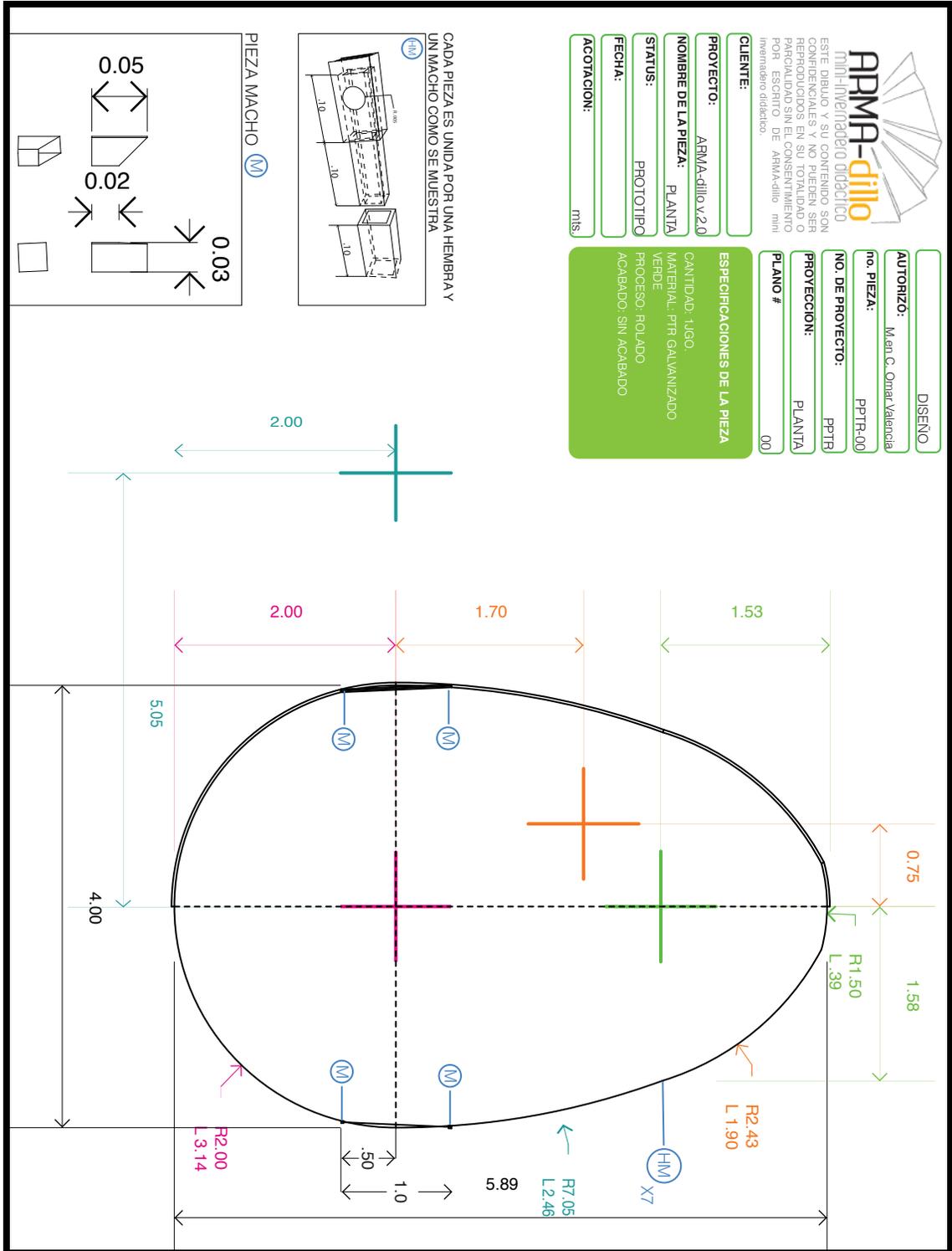
Figura 18. Materiales de construcción.

#### DISEÑO DE PIEZAS.

##### Planta

La planta del invernadero (Fig. 19) consta de 10 piezas en total (Fig. 18), Cada una de ellas se ensambla siguiendo el sistema poka-yoke. Cada tramo ha sido planeado para pesar menos de 5 kg. y medir menos de 3 m. para evitar el desperdicio de material, ya que es vendido por tramos de 6 m.

El material empleado es PTR galvanizado de 1" cal. 14, tal como se establece en los planos. El material permite no emplear acabados, sin embargo, con el objetivo de transmitir a alumnos el concepto de naturaleza, se utilizó el color verde, empleando la teoría de la psicología del color.



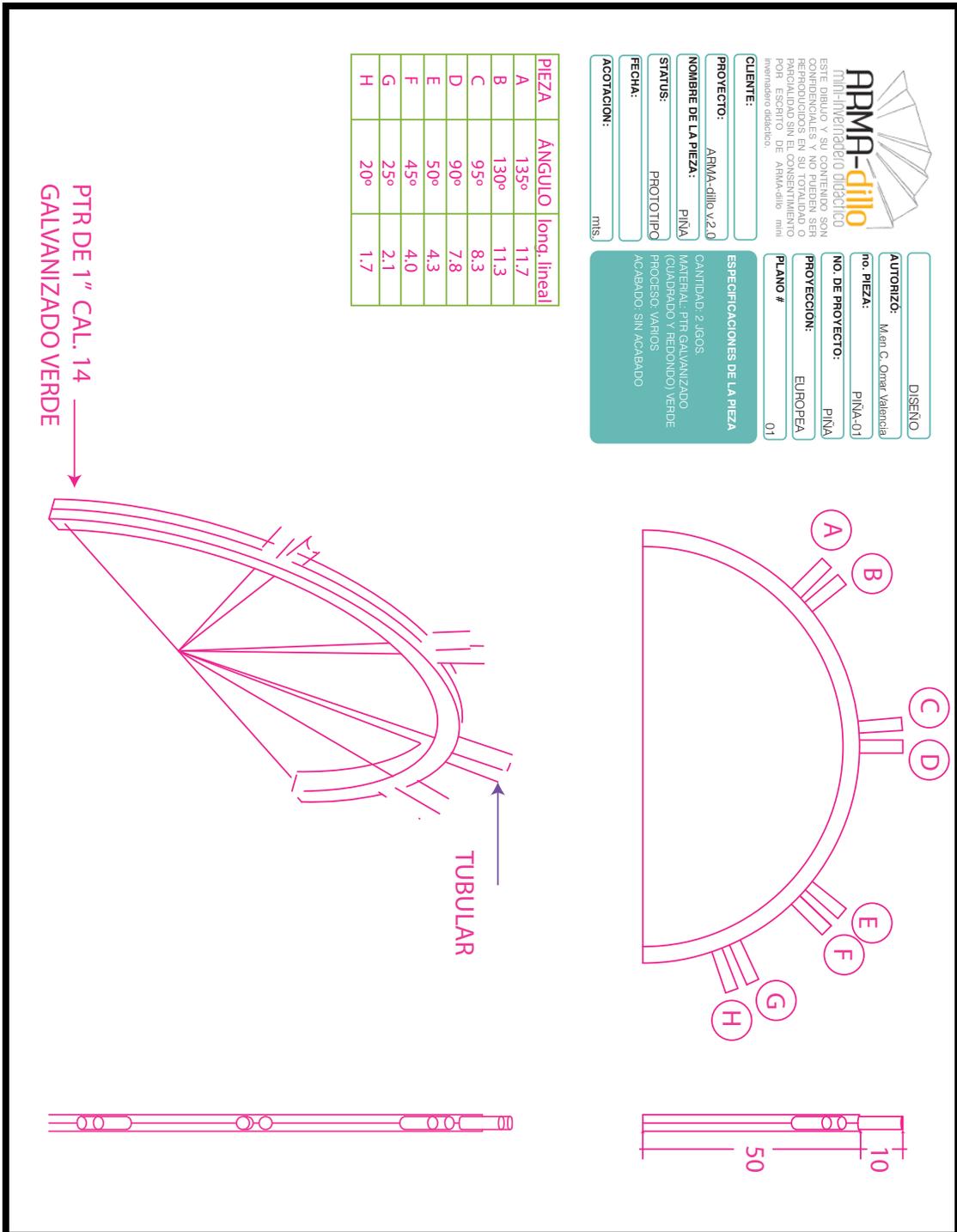


Figura 20. Plano de manufactura, construcción de soporte.

El soporte es empleado para anclar cada pieza de PVC a la estructura (Fig. 20), consta de una base rolada con siete machotes para el anclaje.

Los materiales y dimensiones se especifican en el plano.

# ESTRUCTURA/PVC

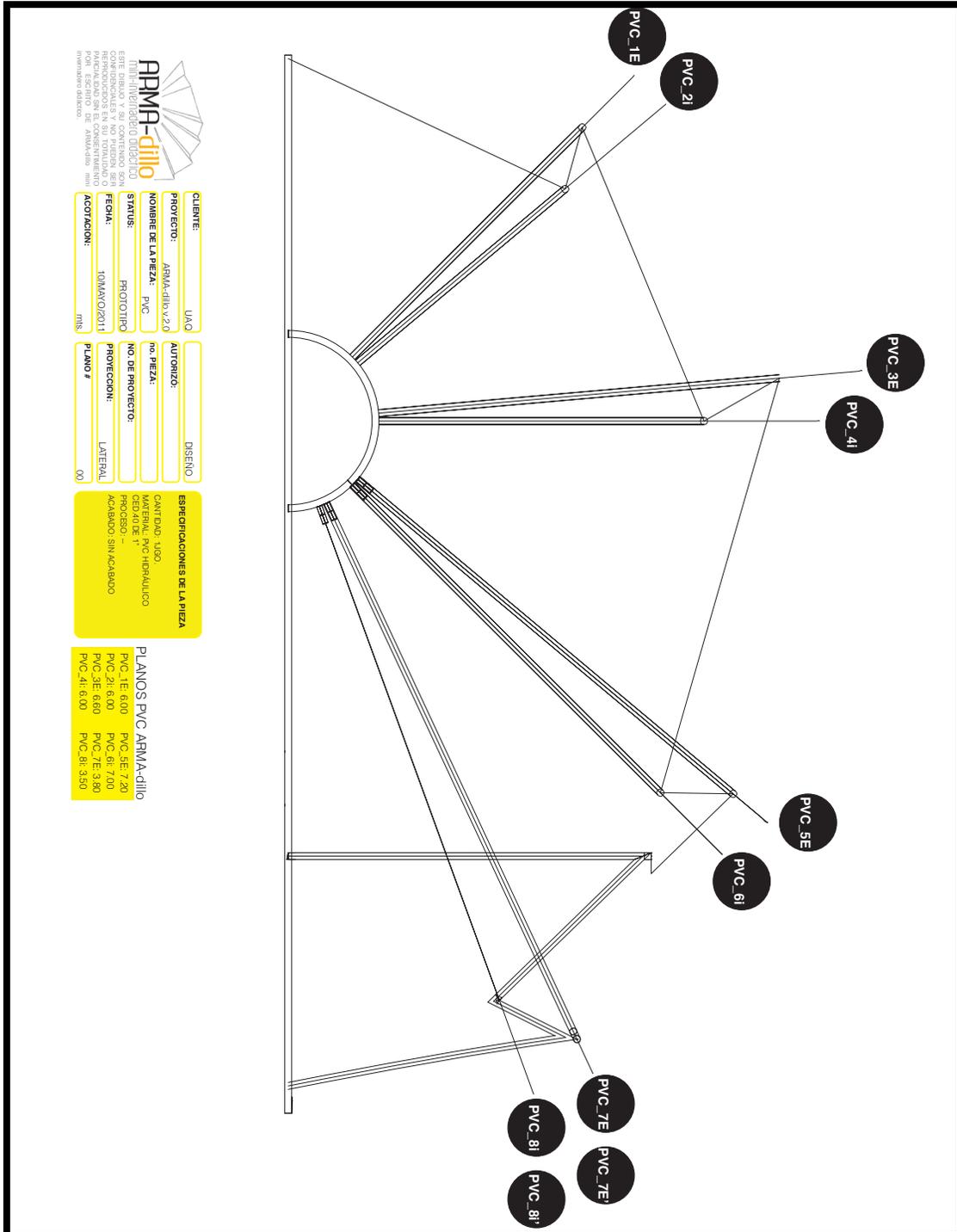


Figura 21. Plano de manufactura PVC.

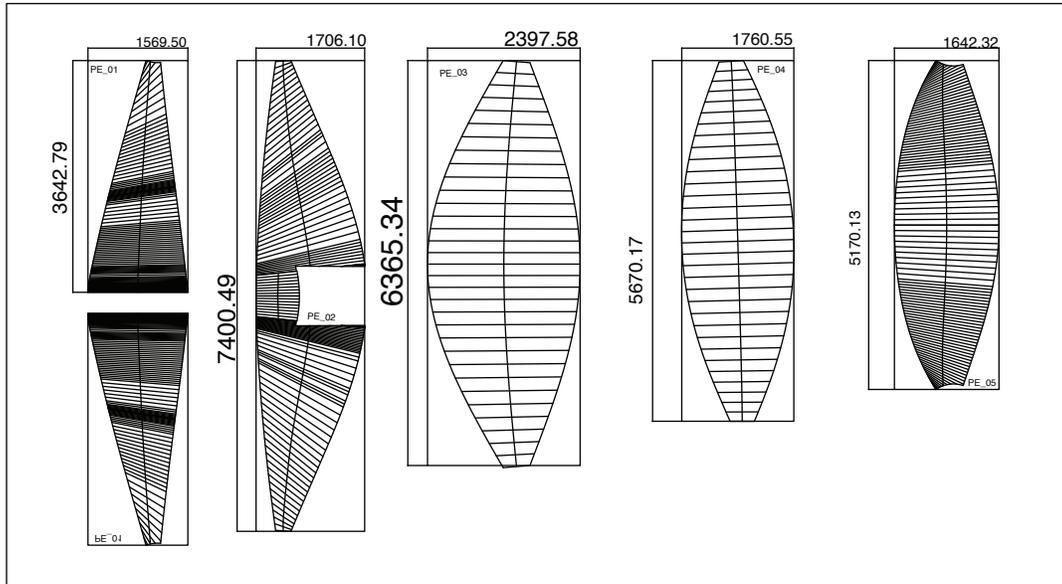
La estructura se conforma de 12 tramos de PVC hidráulico (Fig. 21), es necesario que sea hidráulico, ya que su módulo de elasticidad es mayor que el del PVC sanitario.

En el caso de aquellos tramos que exceden los 6 m, se les agrega una extensión, empleando el material sobrante de los otros tramos. Cada tramo cuenta con un cople al extremo, por lo que los cortes se le harán procurando extender la pieza por medio de uso de los coples.

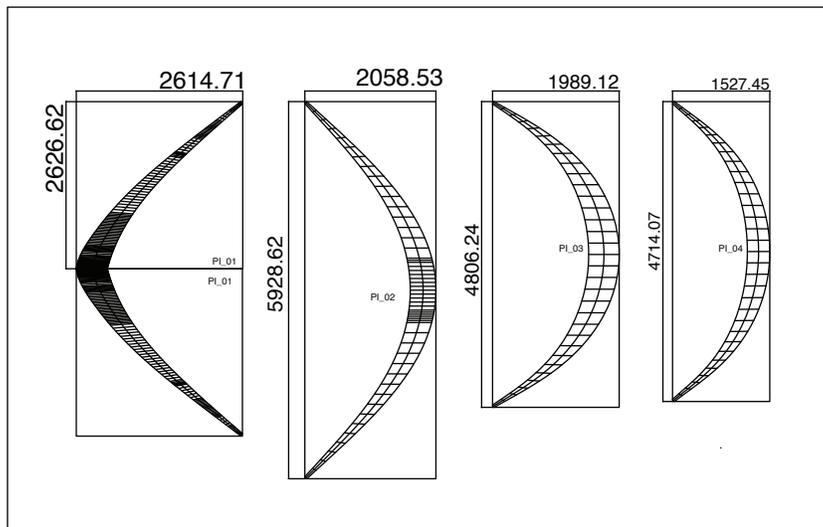
Gracias a esta solución, no es necesario el empleo de pegamento ni métodos de sujeción, permitiendo así que la estructura sea armada por los alumnos, y montada y desmontada cuantas veces sea necesario.

La cubierta se hace a manera de gajos utilizando, los siguiente planos como guía.

# PROTECCIÓN EXTERNA



# PROTECCIÓN INTERNA



**APMA-dillo**  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
 ESTE DIBUJO Y SU CONTENIDO SON  
 PROPIEDAD DE APMA-DILLO Y NO DEBE  
 SER REPRODUCIDO NI UTILIZADO SIN  
 EL CONSENTIMIENTO PREVIO DE APMA-DILLO  
 (www.apma-dillo.com)

CLIENTE:	USIA	AUTORIZO:	DIENNO
PROYECTO:	ARMA-dillo v.2.0	NO. PIEZA:	
NOMBRE DE LA PIEZA:	CUBIERTA	NO. DE PROYECTO:	
STATUS:	PROTOTIPO	PROTECCION:	PLANA
FECHA:		PLANO #	00
ACTIVACION:	MIS		

Figura 22. Plano para el corte de gajos de la cubierta.

Cada pieza de la cubierta (Fig. 22) puede ser intercambiada de acuerdo a los requerimientos del lugar donde se instale. En temporada de frio el sistema se puede cubrir completamente de plástico mientras que para periodos y lugares calurosos, podrá ser empleada malla sombra. Por medio de este intercambio de

piezas, el sistema puede servir como modelo de investigación, facilitando los diseños experimentales.

### PROCESO CONSTRUCTIVO

1. Se ubican las piezas de la base, haciendo el acomodo hembra-macho que se describió previamente (Fig. 23).

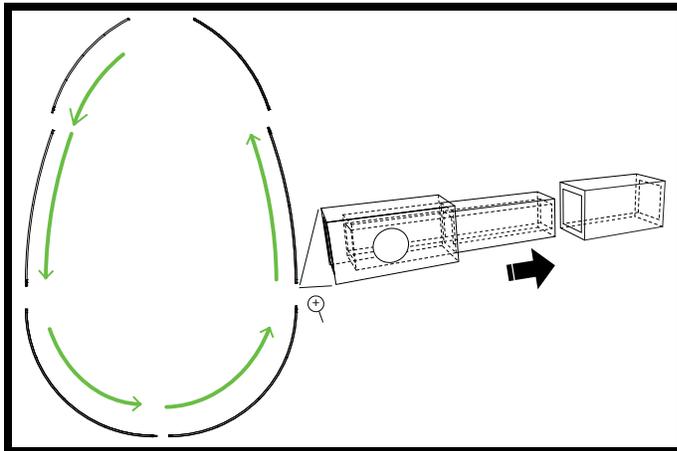


Figura 23. Proceso de armado, paso 1.

2. se colocan los soportes para el PVC (Fig. 24).

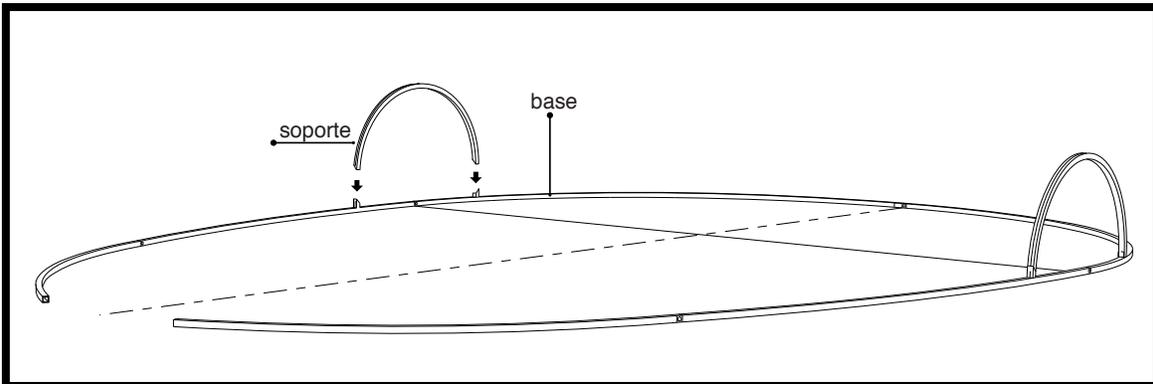
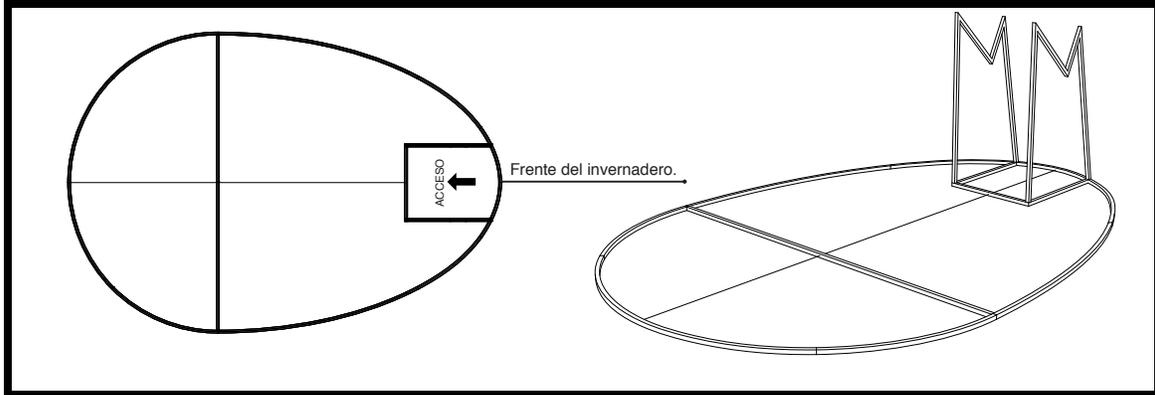


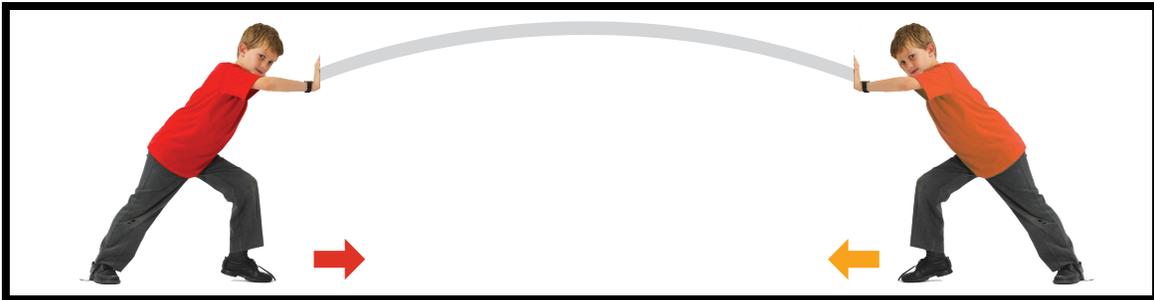
Figura 24. Proceso de armado, paso 2.

3. Se coloca la puerta en la parte frontal de la base (la punta) (Fig. 25).



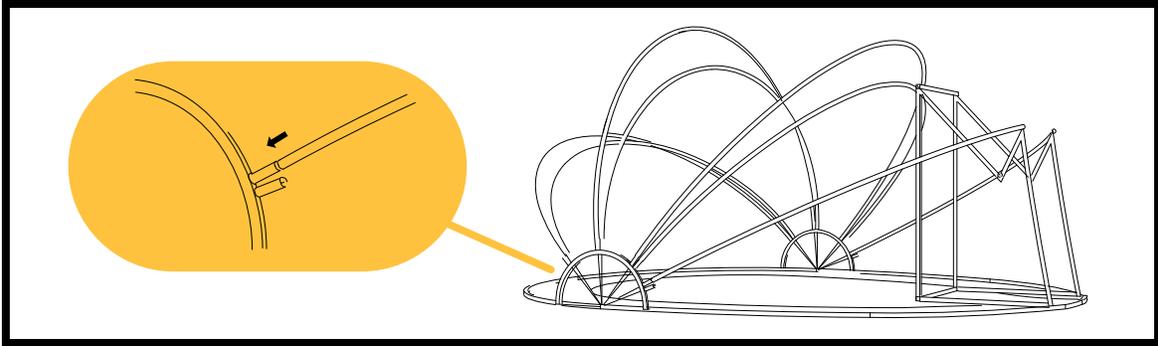
**Figura 25. Proceso de armado, paso 3.**

4. Se ordenan las piezas de PVC, orden de colocación como se indica en el plano titulado PVC.
5. Entre dos personas se toma una pieza de PVC por cada extremo.
6. Con mucha precaución, se comienza a flexionar el tubo acercándose poco a poco (Fig. 26).



**Figura 26. Proceso de armado, paso 5.**

7. hasta que una de ellas se pueda introducir en el soporte. Una vez instalada, repite la operación del otro lado (Fig. 27).

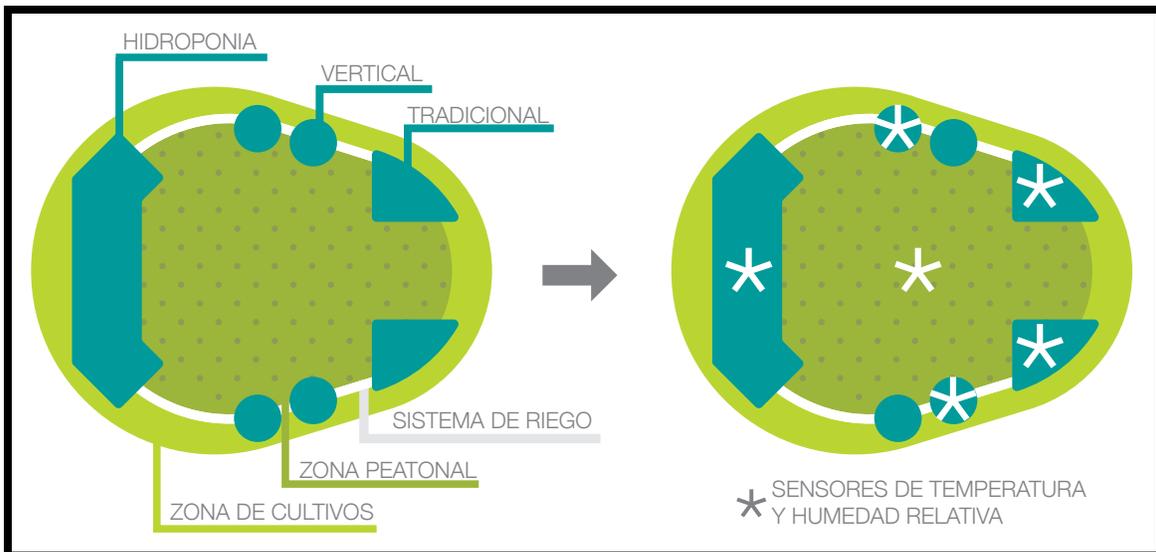


**Figuras 27. Proceso de armado, paso 7.**

8. Se cosen previamente los gajos de la cubierta para ser colocados sobre el PVC a manera de funda .

### 3.4 Establecimiento de cultivos

Se colocaron diferentes tipos de cultivos en los sistemas de producción (Fig. 28 Y 29).



**Figura28. Vista superior del invernadero. Se muestran los diferentes sistemas y sus acomodos.**

Cultivos verticales:

Fresas, calabacitas, epazote, lechugas romanas y sangría, albahaca, cilantro y perejil.

Cultivos tradicionales:

Albahaca, cebolla, cebollín, cilantro, epazote, perejil, rábanos, lechuga romana y sangría y fresas.

Cultivos Hidropónicos:

Lechuga sangría y romana.



**Figura 29. Vista del interior del mini-invernadero, ahí se muestran los cultivos verticales en los extremos, el sistema hidropónico al fondo y en primer plano el estanque de acuaponia.**

## RESULTADOS

El Prototipo 1.0 se desarrolló en base a los requerimientos establecidos, consiguiéndose una estructura:

- Ligera, piezas con peso menor a los 5 kg.
- Transportables, la estructura completa, puede ser transportada en una camioneta tipo pick up de caja larga.
- Desarmable, sus piezas pueden ser desmontadas y almacenadas durante los periodos vacacionales de las escuelas (Fig. 30 y 31).
- Móvil, la estructura puede ser montada en su totalidad sobre la plataforma diseñada.

### MONTAJE DE LA ESTRUCTURA

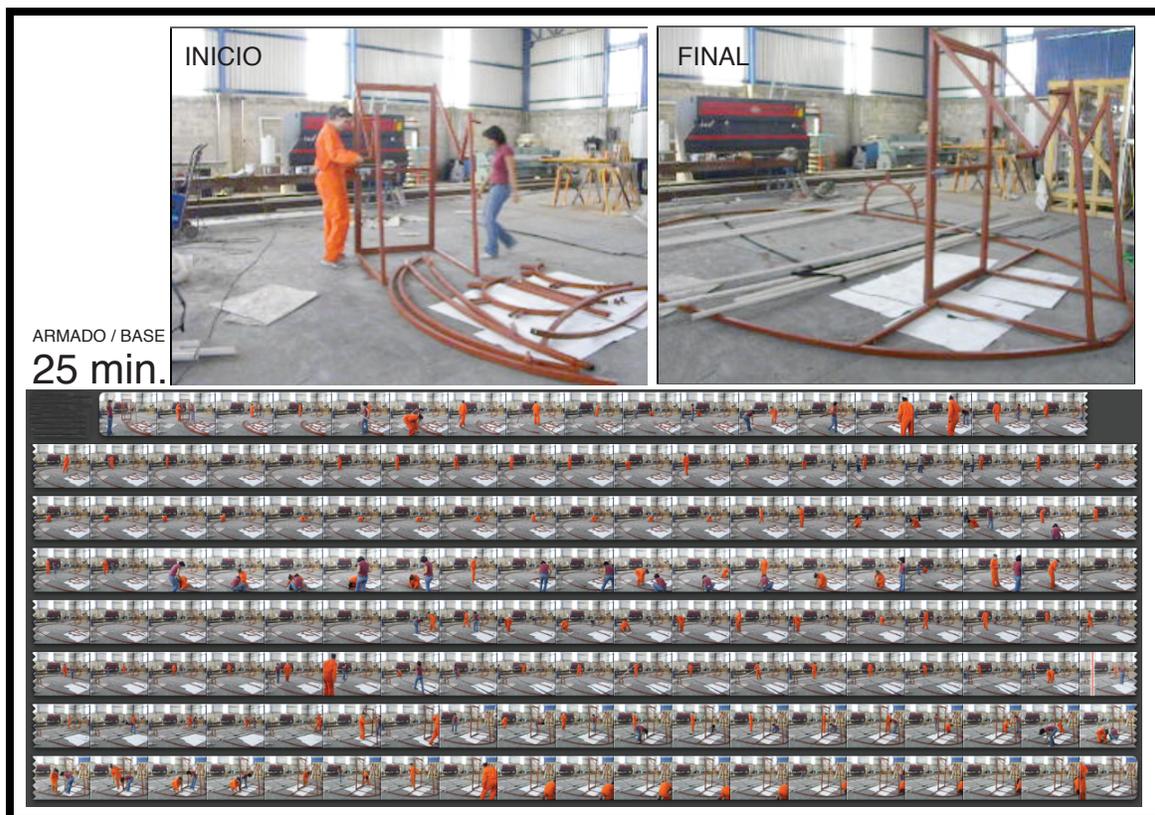
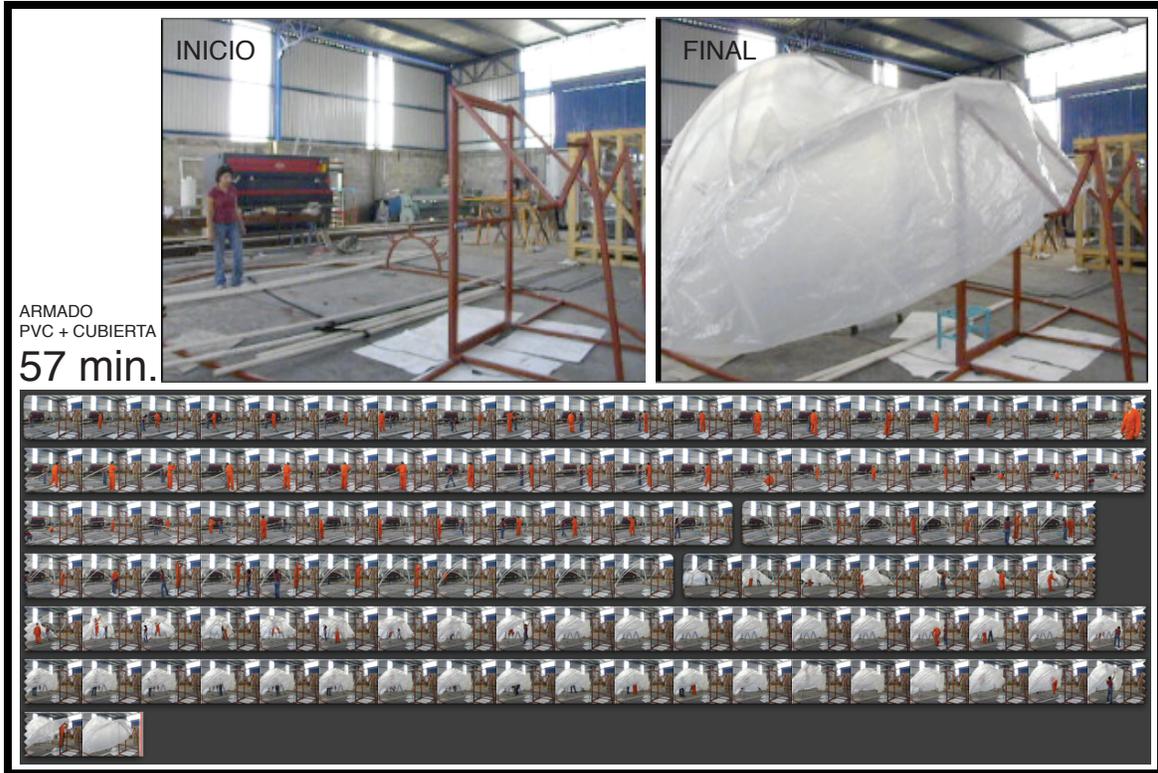


Figura 30. Fotogramas del armado de la base entre dos personas. Tiempo total 25 minutos, herramienta empleada: taladro, dado y pijabrocas.



**Figura 31. Fotogramas del armado del PVC y la cubierta (continua del primero) tiempo total 57 minutos.**



**Figura 2332. Se muestran las piezas que conforman la estructura del mini-invernadero, la plataforma móvil y el estanque de acuaponia.**

Se montó el invernadero en el Campus Amazcala, evaluando su funcionamiento sobre la plataforma móvil (Fig. 32).

Tanto la estructura del mini-invernadero como los sistemas de producción pueden ser transportados en el remolque (Fig. 34), de esta manera el proyecto completo puede ser trasladado de una locación a otra.



**Figura 33. Ubicación seleccionada para el montaje de la estructura.**



**Figura 34. Armado del mini-invernadero por dos personas.**

Dentro de la etapa de diseño además de contemplar materiales de fácil reposición, se consideró el empleo de herramientas auxiliares de uso común, como taladro, desarmadores, matracas, herramientas de corte como tijeras y escaleras plegables tipo tijera.



**Figura 35. Vista en perspectiva del Prototipo 1.0, completamente instalado y en funcionamiento. UAQ, FI, Campus Amazcala, Febrero, 2010.**

El prototipo (Fig. 35) se montó en un lugar libre de barreras de aire y luz, de fácil acceso al personal y a la energía eléctrica para el funcionamiento de bombas de riego. Consideraciones necesarias para el montaje de invernaderos de producción.

El sistema cuenta con 6 m. de largo por 4 m. de ancho, 3 m. de altura máxima y 1.5 m. de altura mínima (Fig. 36).

Las dimensiones finales se consideraron tomando como base la psicología del espacio y medidas antropométricas de niños.



**Figura 36. Vista lateral del invernadero, la plataforma móvil y el acceso a la misma.**

Las dimensiones establecidas para la plataforma móvil (remolque) son 2.5 m de ancho por 5.1 m. de largo. Mismas que fueron establecidas de acuerdo a las normas establecidas por la ley de tránsito del Estado de Querétaro, disponible en su página web: <http://www.legislaturaqro.gob.mx>

Para asegurar la posición correcta de cada elemento de la estructura se implementaron tensores, los cuales delimitaron los grados de libertad de los arcos de PVC. Tal como se muestra en la Figura 37.



**Figura 37. Acercamiento a la vista lateral y a la plataforma móvil.**

El empleo de materiales comerciales permite la fácil reposición de los mismos en caso de daño o extravío, dándole larga vida al producto, además, el PVC soporta temperaturas altas sin dañar el plástico de la cubierta.



**Figura 38. Vista trasera del invernadero.**

Se colocó malla antiáfida (Fig. 38) en los gajos inferiores de la estructura para inducir a la aireación de manera natural, expulsando el aire caliente que se acumula en la parte superior.

#### *DISEÑO DE IMAGEN*

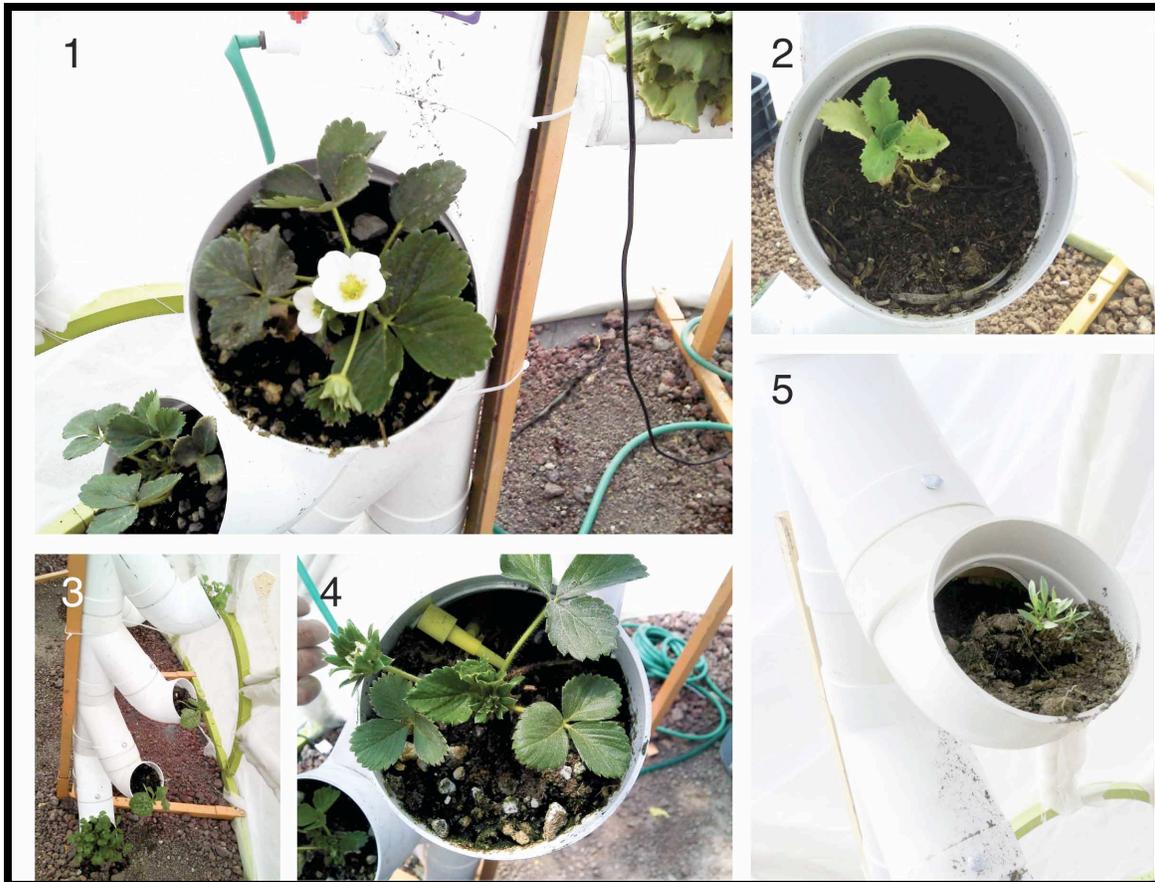
Se desarrolló el diseño de identidad gráfica del proyecto (Fig. 39), tanto el logotipo como el slogan. De aquí en adelante el proyecto se dió a conocer como ARMA-dillo mini-invernadero didáctico.



**Figura 39. Logotipo diseñado para ARMA-dillo mini-invernadero didáctico.**

## ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS

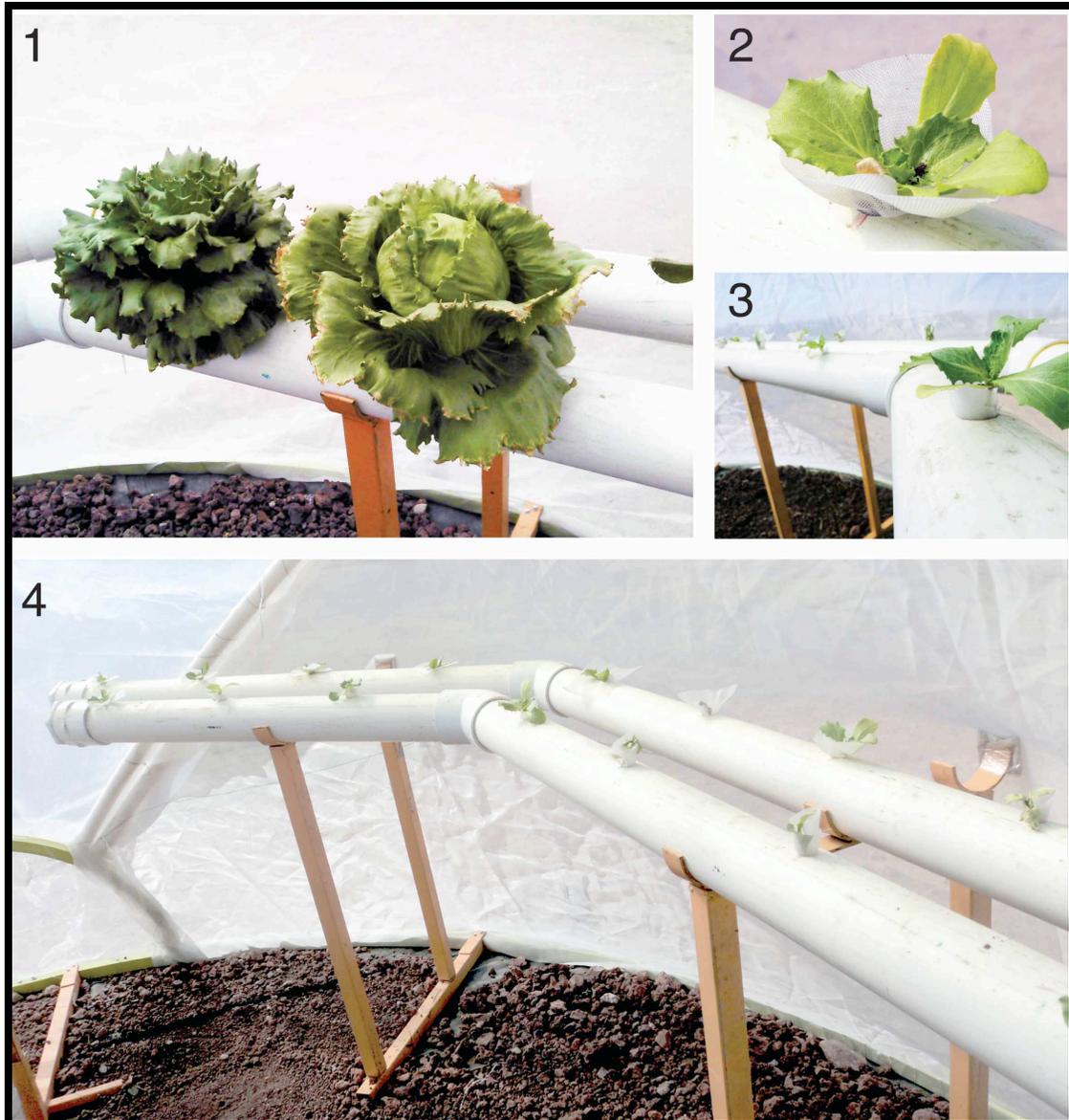
Se realizaron diversas pruebas con cultivos dentro del invernadero (Fig. 40, 41 y 42), con el objetivo de establecer cuáles eran los ideales para cada tipo de sistemas.



**Figura 40. Cultivos verticales, se montaron cuatro sistemas verticales cada uno con seis módulos desmontables.**

Cada módulo contiene diferentes cultivos, con el objetivo de observar el comportamiento de cada cultivo en diferentes zonas del mini-invernadero.

1. Fresas, se observó una expresión positiva.
2. Lechuga romana,
3. Cilantro, calabacitas y perejil.
4. Fresas, se observa el sistema de riego por gravedad.
5. Albahaca.



**Figura 41. El cuadro 1 muestra una imagen de lechugas romanas maduras, 2. Acercamiento de lechuga romana a una semana de haber sido trasplantada, 3. Imagen de lechugas sangrías y romanas, 4. Vista general del sistema.**

El sistema hidropónico (Fig. 41) se montó en la parte trasera del invernadero, aprovechando el radio más amplio dentro de la estructura, de esta manera el sistema puede ser más largo.

Se colocaron 32 plántulas de lechugas romanas y sangría, sin embargo el sistema soporta hasta 49. Se colocaron únicamente lechugas por su corta etapa fenológica, la cual era acorde a las necesidades experimentales del proyecto.



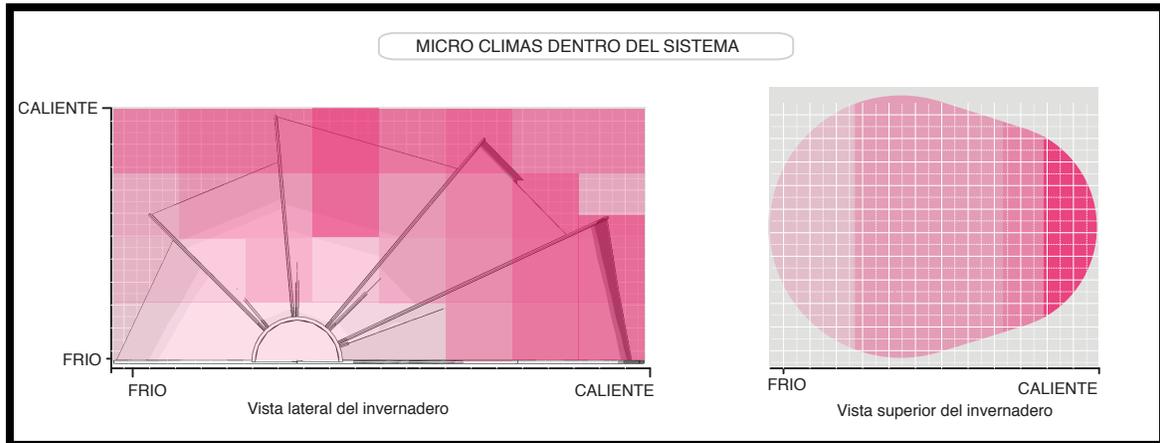
**Figura 42. Se muestran los diferentes cultivos con los que se experimentó, se utilizaron diferentes sustratos: composta, tierra negra y fibra de coco.**

Una de las partes más importantes en el proceso de aprendizaje, es que el alumno se pueda sentir identificado con lo que esta aprendiendo, por eso se consideró importante conservar las técnicas de cultivo tradicionales (Fig. 42), proceso al que los niños están acostumbrados a pensar cuando se habla de agricultura

Se deduce que el sistema tradicional fue el que mejor se desarrolló dentro del mini-invernadero.

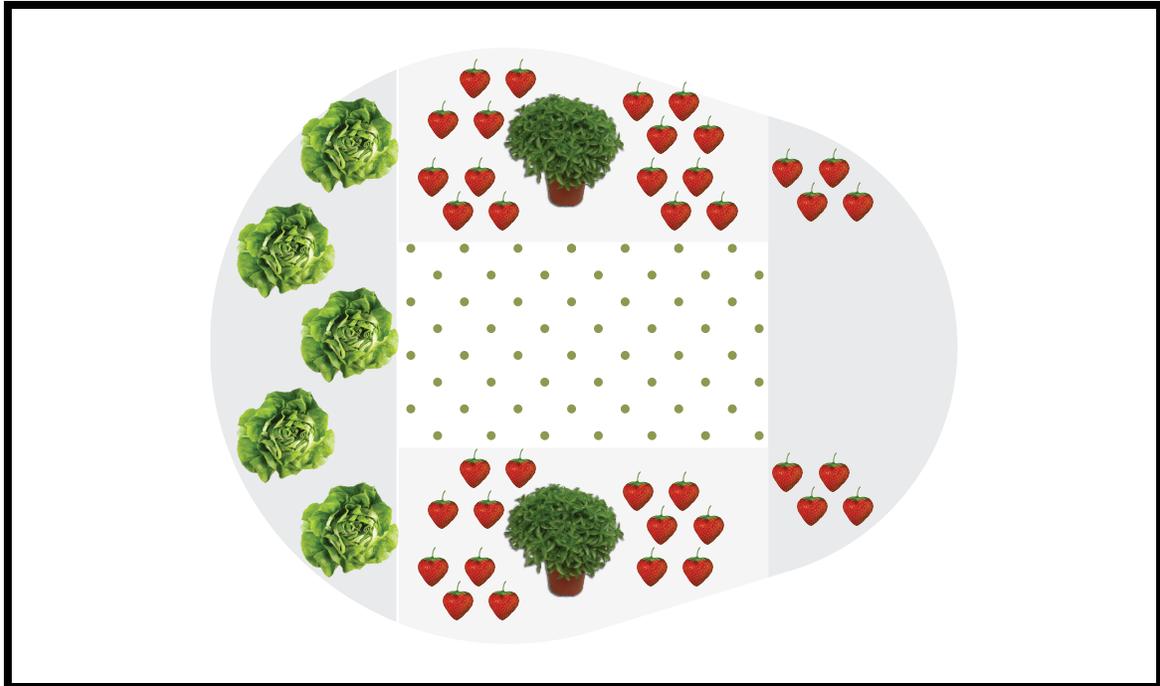
## COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA

Dentro del sistema, se detectó la presencia de diferentes microclimas, los cuales influyeron positivamente en el desarrollo de los cultivos del sistema tradicional y en el sistema hidropónico.



**Figura 43. Gráficas de los diferentes micro climas dentro del invernadero.**

De esta manera se concluye que la albahaca, la fresa y la lechuga romana y sangría son cultivos ideales para el sistema, ya que resistieron los fuertes cambios de temperaturas y en el caso de la lechuga, sus etapas fenológicas cortas, permitieron ver resultados tangibles a corto plazo; de la fresa, se obtuvo mayor volumen en la cosecha y la albahaca sirvió como repelente natural para algunos insectos como moscos.



**Figura 44 Distribución de los cultivos de acuerdo a los microclimas.**

Se cree que por medio de la incorporación de un sistema de control y monitoreo dentro del invernadero, la variedad de cultivos afables con el microclima aumentará, dándole al alumno diversidad en aprendizaje.

## PRUEBAS DEL SISTEMA EN CAMPO

### JARDÍN DE NIÑOS NUEVO ARCO IRIS

Ubicación: JARDÍN DE NIÑOS NUEVO ARCOIRIS,

Clave 22PJNO133N,

Dirección: PRIVADA GALLEGOS NUM. 2 Col. El pueblito,

Zona: 8/Sector 10.

Se impartió el curso mi primer Invernadero (Fig. 43), donde se les explicó a los alumnos los diferentes tipos de sistemas de producción que existen y como funcionan dentro del invernadero (Ver anexo, Fig. 49).



**Figura 45. Durante el taller se llevo acabo una práctica de cómo germinar en casa, aplicando los principios básicos de un clima controlado.**

El taller se impartió a más de 32 alumnos de 1ero a 3er año de kínder, los grupos se hicieron mixtos para observar el comportamiento individual de los alumnos.

Fue necesaria la participación de los maestros (Fig. 44), ya que es de ellos de quien asimilan más rápido las instrucciones.

Por medio del asesoramiento de maestros, se realizó una encuesta a manera de guía para analizar los conocimientos acerca del tema a los alumnos.

El análisis se hizo por medio de la observación, de acuerdo a las expresiones y comentarios que realizaban los niños.

Se observó una respuesta más favorable al trabajar con grupos divididos que con todos los grupos.



**Figura 46. Se dividió a los grupos en equipos de cuatro personas, con el apoyo de maestros, los alumnos germinaron y protegieron sus cultivos. La escuela sigue sembrando como se enseñó en el taller hasta la fecha.**

Durante la visita al Jardín de Niños Nuevo Arco Iris, se realizaron encuestas indirectas (Tabla 1) a los niños sobre los conocimientos básicos de los ecosistemas, sus funciones y el contexto ambiental actual. Se observó que la mayoría de los niños están conscientes de la situación del planeta, sin embargo ellos no se sienten afectados por lo que pasa.

Se realizó un taller de germinación donde además de permitirle a los niños sembrar se les explicó cuáles serían los beneficios si utilizamos los recursos naturales de manera inteligente.

Se mostró una actitud positiva de los niños hacia el proyecto, con mucha paciencia después de tres semanas comenzaron a ver los primeros avances del proyecto con algunos cultivos germinados. Aunque no todos los cultivos sobrevivieron, el interés de los niños por seguir cultivando se logró.

EVALUACIÓN A BASE DE LLUVIA DE IDEAS EN GRUPO.										
TEMA	Nunca lo había escuchado/visto	Si lo había escuchado/visto	Mis papás lo hacen			yo lo hago	nunca	a veces	siempre	apropiación del tema
			nunca	a veces	siempre					
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>										
¿Qué es el medio ambiente?		x								
¿Qué son los ecosistemas?		x								
¿Cuál es su importancia?	x									
¿En qué tipo de ecosistema vivo yo?		x								
Situación actual de los ecosistemas		x								
¿Qué puedo hacer yo para salvarlos?				x						
<b>CONOCIMIENTOS PARTICULARES</b>										
Sistemas de producción de cultivos		x	x				x			
Aprovechamiento de los recursos naturales		x	x							
¿Cómo protejo los recursos naturales?							x			
¿Qué es un invernadero?	x									
¿Para qué sirven?	x									
¿Cómo se construyen?		x								
¿Cómo puedo construir uno?	x									

**Tabla 1. Resultados de la evaluación grupal, desarrollada como lluvia de ideas, aplicada a alumnos del Jardín de Niños Nuevo Arco Iris.**

En los niños participantes, se observó dificultad en el desarrollo psicomotor al realizar ciertas actividades de coordinación motriz fina, como tomar la cantidad indicada de semillas, regar la planta por el tallo, trasplantar sin tocar las raíces, etc. Dificultades propias del desarrollo de su etapa de maduración.

Exposición de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (EXPOCYTEQ).

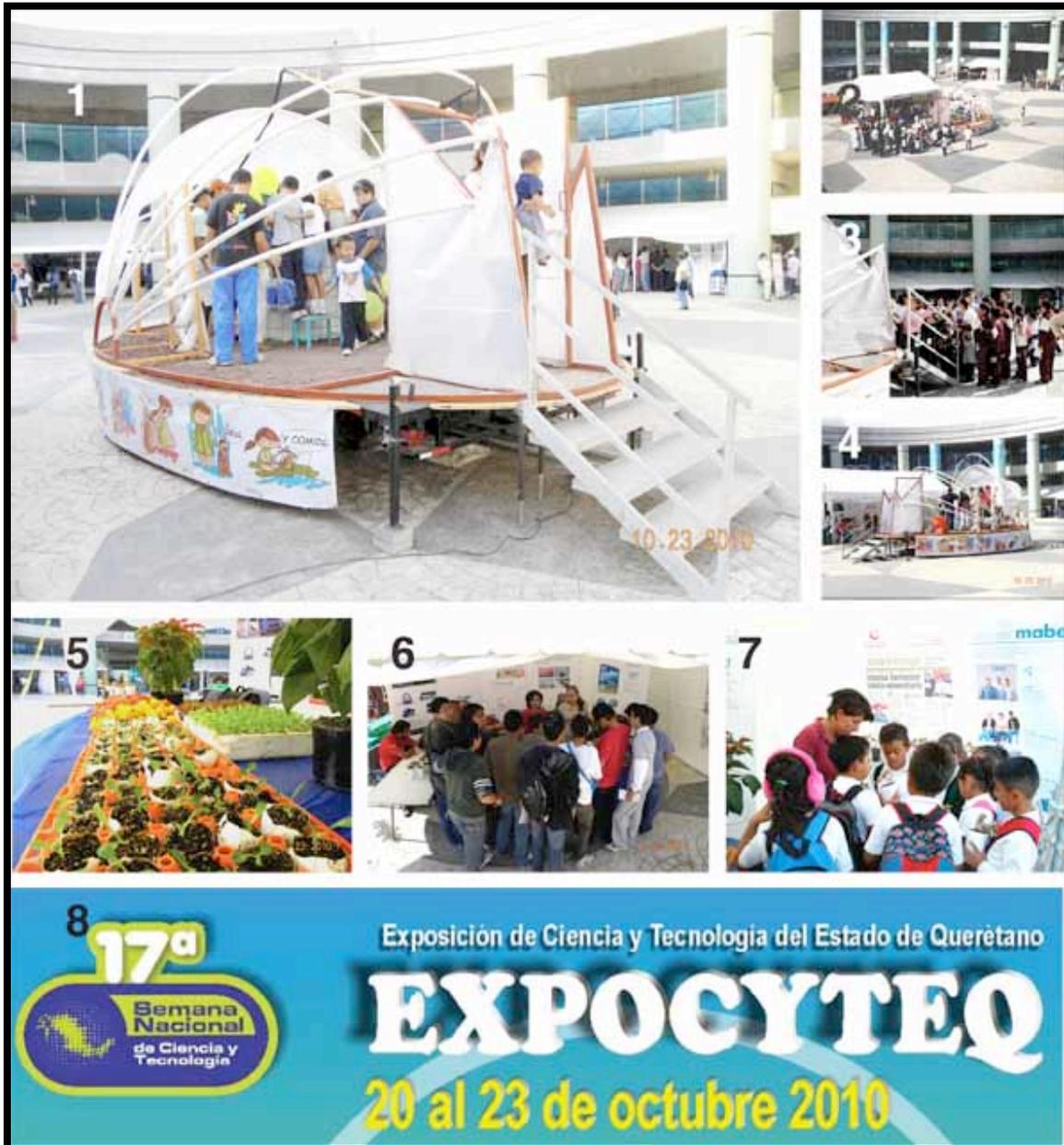
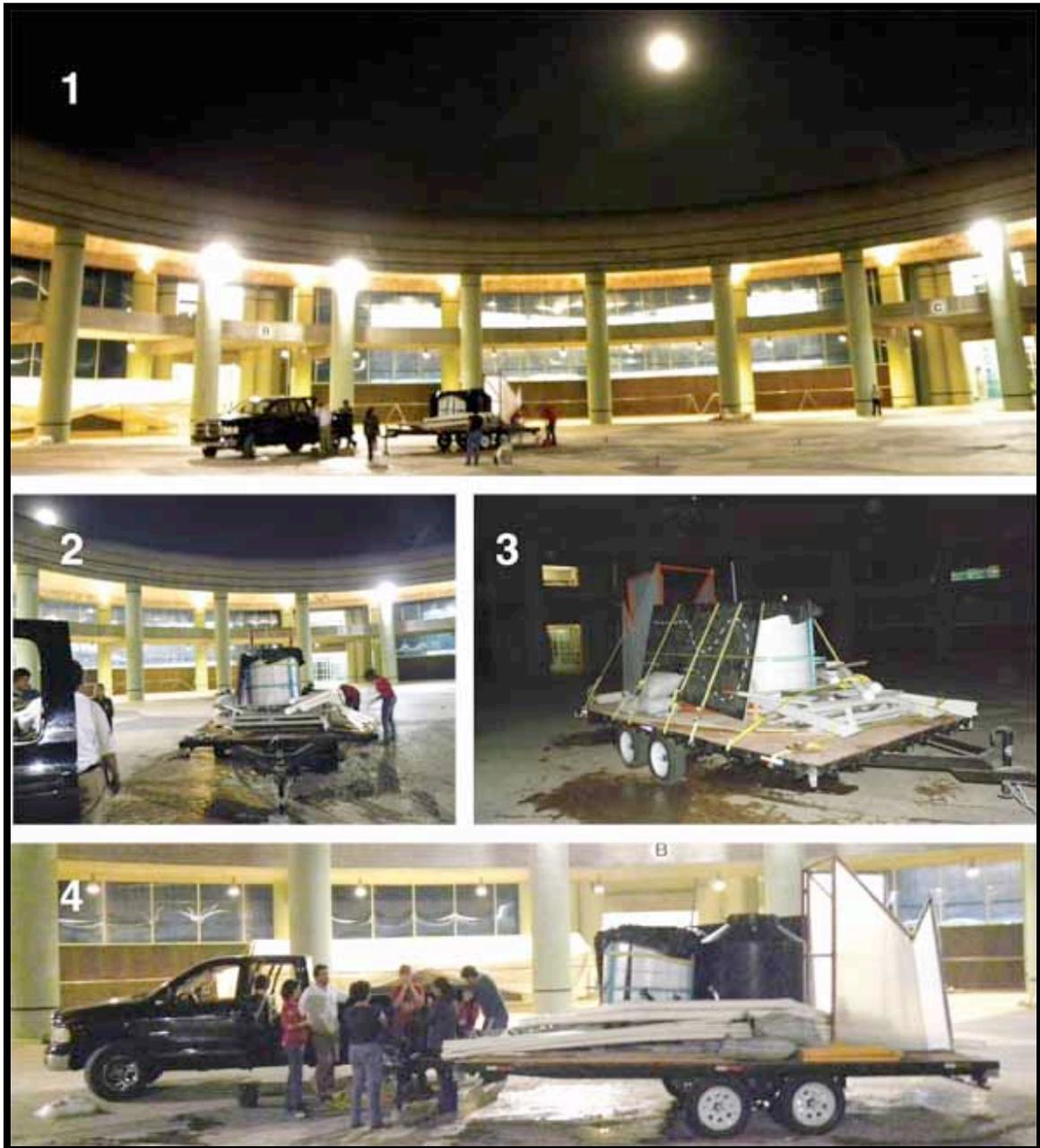


Figura 47. En el cuadro 1 se muestra una imagen del proyecto instalado en LA 17ª semana nacional de ciencia y tecnología, 2. Vista superior del mini-invernadero, 3. Usuarios formado esperando entrar a ARMA-dillo 4. Se diseñaron personajes como material de apoyo, colocándose al pie de la estructura, 5. Se llevaron a cabo talleres de germinación en cascarones de huevos con los visitantes, 6. Se contó con la asistencia de alumnos de Kinder, Primaria, Secundaria y Preparatoria principalmente.

EXPOCYTEQ es un evento que se realiza anualmente, conmemorando la Semana Nacional de Ciencias, donde se busca acercar a los niños a la Ciencia y Tecnología de manera divertida, en ella se presentan 37 de los Institutos y

Centros de Investigación más importantes del Estado, como el INIFAP, CIDETEQ, CICATA, UAQ y otros.



**Figura 48. Durante EXPOCYTEQ la estructura y la plataforma móvil fueron instaladas por 4 personas en 30 min. La plataforma sirvió como medio de transporte para el proyecto completo, tal como se muestra en el cuadro 2 y 3.**

En esta vigésima cuarta edición, se contó con asistencia aproximada de 20 mil niños y jóvenes de 64 escuelas primarias, 48 secundarias y de diferentes instituciones educativas.

Debido al flujo de gente y las altas temperaturas, se decidió quitar la cubierta, de esta manera los adultos podían observar el sistema desde afuera y darles prioridad a los niños para entrar.

EXPOCYTEQ fue el primer acercamiento directo con niños y docentes (Fig. 45 y 46) dentro del invernadero, se empleo material de apoyo para explicar la importancia de los invernaderos y en específico de ARMA-dillo. Se realizó una pequeña encuesta al final del recorrido (Ver anexo, Fig. 51).

Esta misma escuela (Fig. 44) fue invitada a participar en EXPOCYTEQ 2010, ahí se les mostró a los alumnos de manera física los diferentes sistemas que se habían explicado en clase, se observó una empatía inmediata al proyecto del cual reconocían los sistemas, sus características generales y su funcionamiento.

EVALUACIÓN A BASE DE LLUVIA DE IDEAS EN GRUPO.										
TEMA	¿Escuchado/visto?		¿Mis papás lo hacen?				¿yo lo hago?			apropiación del tema
	Nunca	Si	nunca	a veces	siempre	nunca	a veces	siempre		
<b>CONOCIMIENTOS GENERALES</b>										
¿Qué es el medio ambiente?		x								
¿Qué son los ecosistemas?		x								
¿Cuál es su importancia?		x								
¿En qué tipo de ecosistema vivo yo?		x							x	
Situación actual de los ecosistemas		x								
¿Qué puedo hacer yo para salvarlos?				x					x	
<b>CONOCIMIENTOS PARTICULARES</b>										
Sistemas de producción de cultivos		x		x			x		x	
Aprovechamiento de los recursos naturales		x		x					x	
¿Cómo protejo los recursos naturales?							x		x	
¿Qué es un invernadero?		x							x	
¿Para qué sirven?		x								
¿Cómo se construyen?		x								
¿Cómo puedo construir uno?		x							x	

**Tabla 2 Resultados de la evaluación a base de lluvia de ideas aplicada a alumnos del Jardín de Niños Nuevo Arco Iris después de EXPOCYTEQ 2010.**

Las preguntas que generaban denotaban cierto conocimiento del tema comparado con las escuelas que no habían tenido ningún tipo de acercamiento con alguna práctica de campo.

Al finalizar la exposición dentro del invernadero se realizó la misma encuesta indirecta que se había realizado durante el taller en la escuela, obteniendo los siguientes resultados.

Resultó interesante la diversidad de visitantes a la exposición, por medio de la observación se decidió que las edades óptimas para la aplicación del proyecto como etapa uno sería a alumnos de 4to a 6to año de primaria debido al desarrollo de maduración.

## VARIOS



**Figura 49. De izquierda a derecha: 1. presentación en la Federación de Colegios y Asociaciones de Profesionistas de Estado de Querétaro (FECAPEQ), en la foto, Francisco Domínguez, presidente Municipal de Querétaro 2009-20012 entregando un reconocimiento de participación; 2 y 3 Presentación al Dr. Luis Hernández, , Director de Investigación y Posgrado de la UAQ.**

Se participó en la 3er expo-congreso FECAPEQ “Sociedad y gobierno” con la exposición del proyecto se obtuvo el reconocimiento de las autoridades (Fig. 47).

Presentación del proyecto in situ con el objetivo de mostrar el sistema a las autoridades interesadas.

### *PROTECCIÓN INTELECTUAL*

El diseño estructural se encuentra actualmente bajo proceso de investigación para su protección intelectual como modelo de diseño industrial ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI) bajo el no. de expediente MX/f/2011/002144 (Ver anexo, Fig. 50)

## CONCLUSIONES

El diseño estructural del mini-invernadero forma parte indispensable del proyecto ARMAdillo. Se observó una aceptación favorable de los usuarios hacia la forma; el nombre del proyecto y el producto, los cuales son fáciles de recordar y dan una noción general del concepto.

Se obtuvo una estructura desarmable, con un total de 25 piezas, capaces de ser transportadas en una camioneta tipo pick up, la estructura puede ser montada en el suelo o en la plataforma móvil, la cual permite instalar el invernadero en escuelas y espacios recreativos como parques y museos por periodos cortos sin necesidad de hacer adaptaciones permanentes (nivelar y cimentar), fomentando la educación gratuita basada en la observación, el análisis y la reflexión crítica.

Su diseño semiesférico permite montar la estructura sin que la orientación sea una complicación técnica, ya que captará la misma radiación solar en todos sus perfiles favoreciendo al desarrollo de los cultivos.

El proceso de armado, puede realizarse por dos personas en un lapso aproximado de 1 hora 25 minutos; el apoyo de 4 personas disminuye el tiempo a 50 minutos.

Se observó el correcto desarrollo de distintos cultivos, como las lechugas romanas y sangrías en el sistema hidropónico y tradicional; las fresas en el sistema vertical y tradicional y las zanahorias en el tradicional.

La ventilación podrá ser favorecida si se consideran los vientos dominantes en la ubicación seleccionada.

De esta manera se concluye que es posible desarrollar el conocimiento de los alumnos de kínder, primaria y secundaria trabajando directamente con la estructura, fomentando así el desarrollo integral de los futuros ciudadanos.

Es necesario el diseño de prácticas enfocadas al desarrollo específico de la etapa de maduración en la que se encuentren.

## *POSIBLES APLICACIONES FUTURAS.*

Existen retos a superar; se pretende en un futuro seguir trabajando con la estructura para desarrollar el modelo desplegable (Fig. 15), incorporando el sistema de control y monitoreo para idealizar el sistema.

También será necesario trabajar sobre la captación de agua pluvial y su aprovechamiento dentro del mini-invernadero para lograr el sistema de cero desperdicio de agua.

El desarrollo del proyecto dentro de la Universidad permitió el contacto directo con especialistas en diferentes temas de diseño e ingeniería agregándole valor a la investigación.

El primer paso de innovación se ha dado, la creatividad y conocimiento enfocados a la satisfacción de una necesidad deberán ser dirigidos para crear alianzas estratégicas entre Universidad y Empresas. Por medio de un Spinoff, se pretende potencializar el proyecto creando una empresa universitaria





## JARDIN DE NIÑOS NUEVO ARCO IRIS

Otorga el presente  
RECONOCIMIENTO A:

**VIOLETA ALVAREZ GRANADOS**

Por haber participado con nosotros en el taller de Producción

Bajo Invernadero.

RUTINA GRANADOS CRUZ,  
DIRECTORA ACADÉMICA.



U.S.E.B.E.Q.  
Jardín de Niños  
Nuevo Arco Iris  
Clave: 22P1ND0133 N  
Zona 8 Sector 10  
QUERÉTARO

NOEMIL GUTIÉRREZ RAMÍREZ,  
DIRECTORA GENERAL.

Figura 51 Reconocimiento otorgado por haber impartido el taller “PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO” por Violeta Alvarez Granados durante la semana del medio ambiente; Jardín de Niños Nuevo Arco Iris, Querétaro, Querétaro, México.



Figura 52 Reconocimiento otorgado por haber participado con “ARMA-dillo, mini-invernadero didáctico” durante la Exposición de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (EXPOCYTEQ 2010) que se llevó a cabo en el Centro Cultural Gómez Morín del 20 al 23 de Octubre del 2010.



## 4° TALLER NACIONAL DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO

La UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
a través de la FACULTAD DE INGENIERÍA,  
otorga el presente

### RECONOCIMIENTO

a:

**Violeta Alvarez Granados**

Por haber participado con la ponencia:

**“Implementación de un nuevo modelo estructural  
de mini-invernadero”.**

en el Taller Nacional de Producción Bajo Invernadero  
en su cuarta edición, realizado del 10 al 12 de noviembre en  
la ciudad de Santiago de Querétaro, México.



  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gilberto Herrera Ruiz  
Director Facultad de Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa  
Comité Organizador

**Figura 53 Reconocimiento otorgado por haber impartido la ponencia “IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MODELO ESTRUCTURAL DE MINI-INVERNADERO” por Violeta Alvarez Granados durante el 4to taller de producción bajo invernadero; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México. 10, 11, 12 de Noviembre del 2010.**





**4º TALLER NACIONAL DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO**

## MINI-INVERNADERO ARMA-dillo: NUEVO DISEÑO Y APLICACIÓN DIDÁCTICA

ARMA-dillo MINI-GREENHOUSE:  
NEW DESIGN AND DIDACTIC APPLICATION.

**Violeta Alvarez-Granados<sup>1</sup>, J. Omar Valencia-Hernández<sup>2,\*</sup>**  
<sup>1</sup>Estudiante de Lic. Diseño Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro  
<sup>2</sup>Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.  
 \*Autor de correspondencia: omar.valencia@uaq.mx

RESUMEN.	ABSTRACT.
<p>La producción bajo invernadero ha sido planteada como una solución ante la escasez de alimentos además de desarrollar y promover la cultura de producción de auto consumo brindando calidad a la alimentación de los mexicanos. Las técnicas y ventajas de la producción bajo invernadero pueden ser aplicadas con fines didácticos en instituciones de educación básica media y superior en México como espacio óptimo para que el estudiante pueda conocer y comprender los distintos fenómenos dentro de un ambiente controlado (físicos, químicos, biológicos, etc.) El objetivo del proyecto es el diseño estructural de un invernadero basado en los siguientes requerimientos: fácil armado implementando un sistema a prueba de errores (poka yoke); estandarización, utilizando materiales comerciales para ser reemplazados fácilmente; plegable con el fin de proporcionar un almacenado rápido, el invernadero se plegará en un 70%; normado: diseño sujeto a las normas de la Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos.</p> <p><b>PALABRAS CLAVE:</b> estructura, mini.invernadero, didáctico, Agricultura de Ambiente controlado, (CEA).</p>	<p>The greenhouse production has been proposed as a solution to food shortages as well as develops and promotes a culture of self-consumption production by providing quality for the Mexican diet. The techniques and advantages of greenhouse production can be applied for didactic purposes in elementary, secondary and higher education institutions in Mexico as an optimal space for the student to know and understand the different phenomena within a controlled environment (physical, chemical, biological, etc.). The aim of the project is the structural design of a greenhouse based on the following requirements: easy assembly implementing a fail-safe system (poka yoke), standardization, using commercial materials to be easily replaced; folding to provide a fast storage, folding by 70%; normed: design subject to the rules of the Mexican Association of Builders Greenhouses.</p> <p><b>KEYWORDS:</b> mini-greenhouse, structure, didactic, Controlled-environment agriculture (CEA).</p>
INTRODUCCIÓN	
<p>Desde los años 80 hasta el momento, el desarrollo que han presentado el diseño de estructuras de invernadero han sido enfocadas principalmente a la estandarización en cuanto a materiales y procesos productivos, dejando a un lado los nuevos modelos estructurales. El concepto de ARMA-dillo, consiste en el desarrollo estructural de un nuevo modelo de mini-invernadero tomando en cuenta todos los factores que influyen en el rendimiento y la calidad de los productos, como la ventilación, hermeticidad, resistencia y bajo costo de producción. Por medio de una interfaz amigable se busca facilitar al niño el conocimiento sobre los fundamentos teóricos de los microclimas controlados.</p>	
<p><b>METODOLOGÍA</b></p>  <p><b>DESARROLLO DE PROTOTIPO K18</b> Octubre 2010. Desarrollo de la estructura desmontable, fácil de transportar y un armado sencillo entre dos personas.</p>	<p><b>SELECCIÓN DE MATERIALES</b> NOVIEMBRE 2010. Se realizó el armado de muestra de resistencia por medio de pruebas de resistencia a tensión de diez ejes de aluminio de 40mm de diámetro.</p> <p><b>DESARROLLO DE PROTOTIPOS FINALES</b> DICIEMBRE 2010. Se realizaron pruebas de resistencia para encontrar el método de unión entre plástico y malla anti-insecta para cubrir el mini-invernadero.</p> <p>Muestra de prototipo rápido, donde se unieron el plástico y la malla anti-insecta con hilo encerado. Se utilizó un refuerzo para proteger los materiales.</p>
RESULTADOS PARCIALES.	
<p>Su forma casi esférica nos brinda dos grandes ventajas permitiéndonos almacenar mayor volumen con menor superficie y facilitándonos la orientación. El transporte del invernadero, se puede realizar con una camioneta tipo pick up, haciéndolo sencillo. Su cubierta ha sido diseñada para poder capturar el agua pluvial y recolectarla para el uso interno. La estructura puede ser ensamblada en un promedio de 25 min. entre dos personas, lo que permite armar para el periodo escolar y almacenar en temporada vacacional. Su área menor a 30 m<sup>2</sup> le brinda versatilidad para ubicarlo en zonas estratégicas de los centros educativos.</p>	
<p><b>BIBLIOGRAFÍA:</b>          J. Korecko, V. Jirka, et al., 2010. Module greenhouse with high efficiency of transformation of solar energy, utilizing active and passive glass optical rasters, Czech Republic          A. Ganguly and S. Ghosh, 2008. Model development and experimental validation of a floriculture greenhouse under natural ventilation, West Bengal, India.          Food and Agriculture Organization,FAO, 2010, El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo.          Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos, A.C., 2010, Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos.</p>	

**Figura 54 MINI-INVERNADERO ARMA-dillo: NUEVO DISEÑO Y APLICACIÓN DIDÁCTICA; autor, Violeta Alvarez Granados. Poster publicado durante el 4to taller de producción bajo invernadero; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México. 10, 11, 12 de Noviembre del 2010.**

## Evaluación estructural y funcional del Mini-invernadero didáctico ARMA-dillo: Retos a superar.

### Functional And Structural Evaluation Of ARMA-Dillo Didactic Mini-Greenhouse: Challenges To Overcome

Violeta Alvarez-Granados<sup>(1)\*</sup>, Carla Reséndiz-Villaseñor<sup>(1)</sup>, José Omar Valencia-Hernández<sup>(2)\*\*</sup>, Enrique Rico-García<sup>(3)</sup>

1. Centro de Diseño e Innovación Tecnológica (CEDIT), Licenciatura de Diseño Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Querétaro, México.  
 2. Centro de Diseño e Innovación Tecnológica (CEDIT), División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Querétaro, México.  
 3. Laboratorio de Biotemas, División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Querétaro, México.

\*Presenta, Correo Electrónico: violeta.vz@gmail.com  
 \*\*Autor de correspondencia. Correo Electrónico: omar.valencia@uaq.mx  
 Tel: +52 (442) 192 12 00, ext. 6006, 6018.  
 Fax: +52 (442) 192 12 00, ext. 6086.

#### RESUMEN

Conforme a la etapa de prototipos se analizó el comportamiento físico de los materiales empleados en el diseño geométrico de ARMA-dillo V1.0, empleando una metodología de diseño, combinada con la evaluación estructural y funcional de mini invernaderos se busca experimentar y aplicar nuevas técnicas constructivas de invernaderos.

En cuanto a sus características de resistencia, elasticidad, ligereza y durabilidad se ha observado un comportamiento satisfactorio en los materiales estructurales, mientras que los materiales de cubierta han presentado un comportamiento diferente a lo esperado ya que el método de fijación de la lámina plástica no proporciona las condiciones de humedad, temperatura y ventilación indispensables para la idealización de un micro clima.

**PALABRAS CLAVE:** estructura, mini invernadero, didáctico, Agricultura de Ambiente Controlado, (CEA).

#### ABSTRACT

According to the prototype stage, the physical behavior of materials used in geometric design of ARMA-dillo V1.0 has been analyzed. Using a design methodology, combined with structural and functional mini greenhouses assessments, is intended to experiment and apply new greenhouse construction techniques.

As for their characteristics of strength, elasticity, lightness and durability, has been a satisfactory performance structural materials, while covering materials have presented a different behavior than expected, as the method of attaching the plastic sheet does not provide humidity conditions, temperature and ventilation, which are essential for the idealization of a micro climate.

**KEYWORDS:** mini-greenhouse, structure, didactic, Controlled-environment agriculture (CEA).

#### INTRODUCCIÓN

Con el fin de complementar y fortalecer la educación básica en México surge ARMA-dillo, mini invernadero didáctico, proyecto que busca garantizar las condiciones climáticas para analizar los factores biológicos, físicos y químicos que se generan dentro de un microclima con el objetivo de desarrollar la capacidad de análisis de los niños.

Con fines experimentales, se ha montado el prototipo ARMA-dillo V1.0 en la Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Amatzaca, con el objetivo de estudiar su comportamiento climático en base a estos 6 requerimientos: Estructura de fácil armado, clima por medio de una cubierta hermética, ventilación por medio del flujo natural del aire, control de temperatura en un rango de 10°C a 30°C, control de Humedad Relativa del 60% al 80%.

#### METODOLOGÍA



Basada en la Metodología: DISEÑO CENTRADO AL HUMANO (HUMAN CENTERED DESIGN de IDEO)

**FASE CONCRETA**  
**Observación:** Se realizó un análisis de necesidades básicas para el ser humano. Se identificaron las áreas de oportunidad en el diseño y mirando como prioridades aquellas centradas en el hombre.  
**Investigación:** Se analizaron los conocimientos previos del tema, a partir de este punto se comenzó la investigación (técnica-forma).  
**Soluciones:** Se analizaron los resultados obtenidos en los prototipos rápidos. Se seleccionó un diseño estructural.  
**Prototipos:** Se realizó un estudio referente a los materiales y tecnologías existentes, con el objetivo de lograr un proyecto innovador que analicen los costos y la capacidad de clima.  
**Implementación:** Como última etapa se desarrolló y se realizará un estudio de factibilidad para seleccionar una escuela donde se implementará la prueba piloto.

**FASE ABSTRACTA**  
**Tema:** Se localizaron los elementos del problema, identificándose patrones para la creación del concepto.  
**Oportunidades:** Se definieron los alcances del proyecto.  
**Crear soluciones:** Se analizó e interpretó la información capturada. Se desarrollaron técnicas creativas (lluvia de ideas, bocetos, prototipos rápidos). Experimentación.

#### RESULTADOS

- 1 La colocación de mallas en las ventanillas de invernaderos para impedir la entrada de insectos, reducen notablemente la ventilación, por lo que debe aumentarse el índice de apertura (proporción de la superficie total de ventanillas de un invernadero con respecto a la superficie del suelo).
- 2 La aireación en el invernadero es necesaria para evitar el calentamiento excesivo de día, para mantener unos niveles mínimos de CO<sub>2</sub> y para evitar humedades excesivas en el aire.
- 3 La geometría de la cubierta del invernadero y su orientación influyen en la transmisividad (hacón de radiación solar que penetra en el invernadero). Con el fin de brindar más tiempo a la planta para realizar la fotosíntesis, se eligió un diseño semi esférico.
- 4 La inversión térmica (temperatura del aire del invernadero menor que la exterior del mismo) en el invernadero es un factor a considerar, ya que no se cuenta con calefacción.
- 5 En las lánimas flexibles, las características mecánicas de la lámina y su colocación son determinantes para la longevidad del material y para proporcionar al invernadero de las condiciones climáticas ideales. El método de fijación de la lámina ha sido cobriendo las partes, sin embargo las fuertes corrientes de aire y la altas temperaturas han provocado desgaste en los materiales (fita nylon y lánima plástica) en un periodo de tiempo muy corto (2 meses).

#### CONCLUSIONES

En los criterios de diseño y construcción de invernaderos de lámina plástica que están muy influidos por el clima y la latitud del lugar, la maximización de la luz es el principal, así como conseguir unas condiciones de aislamiento adecuadas y una ventilación suficiente. Así mismo, deben incluirse una adecuada resistencia estructural, una fácil colocación de lámina para que permanezca tensa y bien sujetá, un volumen grande, recolección de agua pluvial y evitar la condensación de líquidos en la cara interior de la cubierta.

#### REFERENCIAS

- J. Korecko, V. Jirka, et al., 2010. Module greenhouse with high efficiency of transformation of solar energy, utilizing active and passive glass optical rasters. Czech Republic.  
 A. Ganguly and S. Ghosh, 2008. Model development and experimental validation of a floriculture greenhouse under natural ventilation. West Bengal, India.  
 Food and Agriculture Organization, FAO, El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo, 2010.



Prototipo instalado en la Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Amatzaca. Condiciones climáticas registradas:  
 Temperatura Máxima (44.4°C), Mínima (-3.6°C), Promedio (18.3°C)  
 Humedad Relativa Máxima (97.1%), Mínima (20.1%), Promedio (43.7%)

- N. Castilla, Invernaderos de Plástico, Tecnología y Manejo, Madrid, España, 2004.  
 A. Halog, An approach to selection of sustainable product improvement alternatives with data uncertainty, The Journal of Sustainable Product Design, Wien Austria, 2006, Vol. 4.  
<http://www.ideo.com/> (Idea mundial de diseño que adopta un enfoque centrado en el hombre para ayudar a las organizaciones de los sectores público y privado a innovar y crecer).

**Figura 55 Evaluación estructural y funcional del Mini-invernadero didáctico ARMA-dillo: Retos a superar; autor, Violeta Alvarez Granados. Poster publicado durante el 7mo Congreso de Ingeniería; Universidad autónoma de Querétaro, Campus CU, Querétaro, Querétaro, México.**

## LITERATURA CITADA

- Alpi A. et. al., 1998, Cultivo en invernadero, ed. Agricole, 3ra edición, España.
- Beniston Martin, 2010, Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps, Journal of Hydrology, Swiss.
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, 2010, Informe sobre el desarrollo mundial, Washington D.C.
- Barrios Octavio, 2004, construcción de un invernadero, ed. FUCOA, Santiago de Chile, Chile
- Berk L., 1999, Desarrollo del niño y del adolescente, ed. Practice Hall, Madrid.
- Bellido Mariana, 2007, Customización de diseños en China, Universidad de Palermo, Italia.
- Campos Olgún, 2006, Física: principios con aplicaciones, ed. Pearson Educación, México.
- Cavendish Marshall, 2003, How it Works: science and technology, Estados Unidos de América.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 2010, Mapas de pobreza y rezago social 2010, México.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988, Nuestro futuro en común, informe.
- Chapman Jonathan, 2009, design for (emotional) durability, MIT, U.S.
- Delors Jaques, 1996, La educación encierra un tesoro”, UNESCO, París, Francia.
- Edwards Mónica, et. al, 2003, La Atención a La Situación Del Mundo En La Educación Científica”, Universidad de Valencia España, España.
- Fisher Michael, 1997, Process improvement by poka-yoke, Branford, UK.
- Foladori Guillermo, 1999, Sustentabilidad Ambiental y Contradicciones Sociales, revista Ambiente & Sociedad, vol.5
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2007, El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2007, El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Roma, Italia. 2007.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2010, El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo, Roma, Italia.

- Gobierno del Estado de Querétaro, 2011, Ley de tránsito en el Estado de Querétaro, México. <http://www.legislaturaqro.gob.mx>
- Gobierno de EUA, 2008, Global Trends 2025: "A Transformed World, Washington D.C.
- Gribbin John, 1976, Climatic change and food production Food Policy, Volumen 1, tomo 4, 1976.
- Hoffman L., et.al., 2000, Psicología del desarrollo hoy, ed. McGraw-Hill, Madrid.
- Hicks, D. et. al., 1995, Exploring the future: a missing dimension in environmental education. Environmental Education Research, U.S.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, Querétaro de Arteaga. XII Censo General de Población y Vivienda.
- Instituto Internacional del Manejo del Agua, 2007, Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida. Londres.
- Kogyo Shimbun, 1987, Poka-Yoke, Improving product quality by preventing defects, Oregon, E.U.A
- Lundquist G., 2003, A rich visión of technology transfer technology value managent, Journal of Technology Transfer 28.
- Martínez, P.J. 2001, Ciencia e innovación en la hora de los hornos, revista Ciencia, Innovación y Desarrollo, vol.6
- Mercado Teresa, 2008, La Educación Ambiental en México: visiones y proyecciones de actualidad", ANEA (academia Nacional de la educación ambiental, México.
- Miranda Luis, 2006, Seis Sigma, guía para principiantes, ed. panorama, México.
- Monden Yasuhiro, El just in time hoy en toyota, ed. Deusto, España.
- Palacios J., 1984, La inteligencia sensoriomotora, ed. Alianza, Madrid.
- Palacios J., 1999, Procesos cognitivos básicos, ed. Alianza, Madrid.
- Paredes Leopoldo, 1992, Metodología para el análisis de costos de paquetes tecnológicos con fines de explotación comercial, revista Espacios, vol. 13, Venezuela.
- Real Academia de la Legua, consultada el 24/10/2011; disponible desde internet en: < [www.rae.es](http://www.rae.es) >

- Rachman, Gideon. Artículo: ¿Por qué México no es una economía BRIC? Expansión.16/02/2010  
<http://www.expansion.com/2010/02/16/financiamiento/1266326895.html>
- Secretaría de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2003, Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la evaluación.
- Secretaría de Salud, 1999, Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA2-1999, Para la atención a la salud del niño.
- Serrano Cermeño, 2005, Construcción de Invernaderos, ed. Aedos, s. a., Barcelona, 3a edición.
- U.S. Government, 1990, Agricultural Research and Technology Transfer Policies for the 1990s: A Special Report of OTA's Assessment on Emerging Agricultural Technology-Issues for the 1990s, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, U.S.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (UNESCO) Artículo: "Educación para el desarrollo Sostenible para comunicadores y para evaluar políticas públicas", 30/03/2009, disponible desde Internet en:  
[http://portal.unesco.org/geography/es/ev.php-URL\\_ID=10993&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/geography/es/ev.php-URL_ID=10993&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (UNESCO), 2010, Datos mundiales de educación.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (UNESCO) Artículo: "Supporting education reform in Mexico through capacity building on curriculum", 24/09/2011, disponible desde Internet en:  
<http://www.ibe.unesco.org/en/global-news-archive/single-news/news/supporting-education-reform-in-mexico-through-capacity-building-on-curriculum/106.html>
- Vázquez J., et. al. 2011, Diseño de un nuevo capitel para invernaderos multitúnel, Carreño.
- Villas, Sahlokhe & Ajay, Sharma., 2006, Greenhouse, Technology And Applications, Agrotech Publishing Academy, Nueva Delhi, India.
- WCED (World commission on Environment and Development). Our common future: Brundtland Report, New York, Oxford University Press, 1987.
- Wilkerson, D. Greenhouse Structures, 2004, Texas Greenhouse Management Handbook, Texas A&M University. Texas, EU.
- Xuedong Yang, et. al, 2008, Interacción emocional en el diseño de productos, la conferencian internacional de Diseño asistido por ordenador industrial y diseño conceptual.