

MANUAL JARDINERÍA HYDROPÓNICO

Para Gandul



GUÍA PARA CONSTRUIR Y
MANTENER HIDROPONÍA PARA LA
COMUNIDAD DEL GANDUL



ESPAÑOL

PRIMAVERA 2024

REALIZADO POR:

JOCELYN HINCHCLIFFE, RAYNA JACOB, KENNETH
SMITH, BROOKE STRUBLE

ASESORES:

DR. GRANT BURRIER, DR. SCOTT JUSTO

PATROCINADORES:

JOSÉ RAMÍREZ, GLORY RODRIGUEZ, CAROLA
VISALDEN

COMUNIDAD EL GANDUL & INSTITUTO
POLITÉCNICO DE WORCESTER





Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN Y AGRADECIMIENTOS.....	2
II. Objetivos manuales y vocabulario.....	3
III. FUNDAMENTOS DE LOS JARDINES HIDROPÓNICOS.....	4
A) Definiciones, aplicaciones y conceptos básicos.....	4
B) Fisiología de las plantas.....	5
C) Tipos de sistemas hidropónicos.....	8
D) Etapas de la hidroponía.....	10
E) Mantenimiento.....	16
IV. CENTRO COMUNITARIO GANDUL JARDÍN HIDROPÓNICO.....	21
A) Construcción de jardines.....	21
B) Ciclo de vida de la planta.....	45
C) Otras Consideraciones.....	47
D) Alternativas de diseño.....	48



I. INTRODUCCIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Este manual de jardín hidropónico fue creado con el fin de que residentes de El Gandul, incluyendo adultos y niños que visitan el Centro Comunitario de El Gandul con frecuencia, colaboren con comprender la importancia y el mantenimientos de los jardines hidropónicos. Para empezar, se encuentra la sección de antecedentes la cual cubre conceptos fundamentales sobre hidroponía y su importancia que podrían ser útiles para quienes no están familiarizados con ella. Además de los antecedentes, en la siguiente sección va dedicada a una exploración más profunda de la fisiología vegetal. También se presenta una sección sobre los diferentes tipos de sistemas hidropónicos que se pueden utilizar. Luego exploramos los detalles sobre el mantenimiento hidropónico. Esto incluye, entre otros, niveles de pH, materiales, minerales, agua e incluso la producción de diferentes tipos de plantas.

Continuando con el trasfondo hidropónico, a lo largo del callejón al lado del Centro Comunitario Gandul se encuentra una inmersión profunda del modelo hidropónico.. Este modelo hidropónico sirve como uno de los primeros de muchos jardines hidropónicos que se harán en este callejón y en toda la Comunidad de El Gandul. Esta sección proporciona detalles de producción y mantenimiento que ayudarán a quienes mantendrán el jardín o modelos similares en los próximos años. Finalmente, se incluye un enfoque en otros diseños hidropónicos para ampliar el alcance de la hidroponía y posiblemente fomentar la inspiración o la colaboración en jardines hidropónicos existentes y futuros.

El equipo de estudiantes agradeció a José Ramírez por su apoyo incondicional, sus consejos, su experiencia y su positivismo que ayudaron a dar forma a este manual hidropónico. Mark Wilson y Rocío Nájeraurriola de la Corporación La Fondita de Jesús también contribuyeron decisivamente al compartir sus conocimientos sobre hidroponía con el equipo. Este manual es el impresionante resultado del trabajo en equipo y el apoyo de estos residentes de El Gandul, a quienes los autores están agradecidos.

Este trabajo fue producido por estudiantes universitarios del Programa de Proyectos Globales del Instituto Politécnico de Worcester (WPI). Para más información: <https://wp.wpi.edu/puertorico/projects/mar-apr-2024/gandul/>.



II. Objetivos manuales y vocabulario

Objetivos manuales

- Comprender que la jardinería hidropónica produce el mismo resultado que la jardinería tradicional en tierra. Los productos hidropónicos tienen igual o mayor calidad en comparación con los productos cultivados en el suelo.
- Fomentar un mayor uso y aplicaciones hidropónicas; Ampliación de la hidroponía doméstica y comercial.
- Aprender a manejar los nutrientes y ajustar las medidas para crear el entorno adecuado para el crecimiento.
- Bajo supervisión, complete todas las etapas de las tareas hidropónicas: desde la siembra hasta la cosecha para luego generar confianza para completar estas tareas de forma independiente.
- Identificar y detectar carencias nutricionales, plagas y enfermedades.

Vocabulario

Airear(verbo): Introducir aire en un área o material.

cloroplasto(sustantivo): Organelo de las células vegetales donde se lleva a cabo la fotosíntesis.

Clorofila(sustantivo): Un pigmento verde en los cloroplastos que es responsable de la absorción de luz en la fotosíntesis.

Conductividad eléctrica

(CE)(sustantivo): La medida de la capacidad de un material para conducir una corriente eléctrica.

Germinación(sustantivo): el desarrollo de una planta desde semilla hasta plántula o brote

Glucosa(sustantivo): un azúcar que sirve como fuente de energía

Opaco(adjetivo): no transparente; no deja pasar la luz

pH o potencial del

hidrógeno(sustantivo): una escala utilizada para medir la acidez o alcalinidad (basicidad) de un líquido soluciones

Fotosíntesis: Un proceso químico que ocurre en las plantas cuando se convierte en energía luminosa en energía química en forma de glucosa.



III. FUNDAMENTOS DE LOS JARDINES HIDROPÓNICOS

A) Definiciones, aplicaciones y conceptos básicos

¿Qué es la hidroponía?

Derivada de las palabras griegas "hidro" (agua) y "pónica" (trabajar), la hidroponía es una técnica de jardinería sin suelo que utiliza un sistema de flujo de agua y nutrientes para cultivar una variedad de plantas. La distribución adecuada de nutrientes, el control del pH y el flujo de agua permiten el cultivo de numerosos tipos de productos, como espinacas, cilantro y tomates.

Con esto, la hidroponía es una técnica de jardinería ideal en lugares que carecen de suelo fértil, espacio terrestre y acceso a abundante agua, ya que la solución de agua y nutrientes circula dentro del sistema. En estos sistemas, es importante priorizar la exposición a la luz, el acceso a electricidad para una bomba de agua y las condiciones ideales de viento y temperatura.



Figura 1: Tabla hidropónica a La Fondita de Jesús.

¿Por qué es importante la hidroponía?

La hidroponía es un método de jardinería extremadamente útil que está ganando popularidad recientemente. Este método agrícola es una gran alternativa a las técnicas agrícolas tradicionales y tiene varias ventajas. Como se mencionó anteriormente, la hidroponía no requiere suelo fértil, o ningún suelo, para cultivar



plantas sanas. En lugar de tierra, la hidroponía utiliza sistemas de nutrientes a base de agua. Además, con el uso de una bomba de agua que recicla agua continuamente a través del sistema, en última instancia se requiere menos agua para hacer funcionar el sistema que los jardines tradicionales en los que se debe agregar agua nueva a la planta.

Dado que la distribución de agua y nutrientes se rastrea y mantiene regularmente, los jardineros tienen un mayor control para optimizar el crecimiento de las plantas mediante ajustes en estas mediciones. Además, sin necesidad de utilizar fertilizantes minerales en porciones previas, los jardineros pueden crear proporciones personalizadas de diversos minerales y nutrientes según las necesidades de las plantas. Los tiempos de cosecha también se reducen ya que la distribución de nutrientes y agua es constante y está estrechamente regulada.

Aplicaciones

Hay varias formas de productos cosechados que son particularmente adecuados para el clima de Puerto Rico. Por lo general, el cilantro y la lechuga mantecosa son opciones adecuadas y rentables. Otros productos cosechados populares incluyen fresas, espinacas y tipos de micro hierbas. Teniendo en cuenta el clima tropical y cálido de Puerto Rico, la mayoría de los productos se pueden cultivar durante todo el año con el cuidado y la atención adecuada a la temperatura, la exposición a la luz y los niveles de humedad. Por lo general, los productos crecen mejor entre noviembre y abril, ya que durante este tiempo son más frescos y secos. Sin embargo, independientemente de la estación, la mayoría de estas plantas se pueden cultivar con éxito prestando atención a los factores de crecimiento.¹⁰

Las fresas tienden a tardar más ya que tienen una etapa de floración y tiempo asignado para que la fruta crezca. Por lo tanto, espere de 5 a 8 semanas para la floración y luego 3 semanas más para que la fruta madure.

Micro Hierbas se puede cosechar entre 1 y 3 semanas. Esto se debe a que las micro hierbas son una forma de producto que se cosecha en las primeras etapas de las plántulas, por lo que requieren un cronograma de cosecha más corto. (*Va Tabla 1 para más detalles*)



B) Fisiología de las plantas

Partes de plantas

Las plantas se dividen en las siguientes partes básicas:



- Raíces
 - Ancla la planta y absorbe nutrientes/agua del entorno. En hidroponía, las raíces parecen más cortas porque a las plantas les resulta más fácil acceder a sus nutrientes esenciales, en comparación con el cultivo en tierra.



- Provenir
 - Su finalidad es transportar agua y nutrientes desde y hacia las raíces hasta las hojas, ramas y flores.



- Hojas
 - Recogen la luz solar, almacenan agua, lugar donde se produce el intercambio de gases (entre dióxido de carbono y oxígeno) y la fotosíntesis.

Las plantas generalmente están compuestas por entre un 80% y un 95 % de agua, lo que depende únicamente de una serie de factores como la especie de planta, la temperatura y más. El resto de los componentes de las plantas están formados por materia seca, donde el 90% del peso seco está formado por los nutrientes esenciales: carbono, oxígeno e hidrógeno. El agua representa el oxígeno y el hidrógeno que necesitan las plantas, mientras que el dióxido de carbono de la atmósfera proporciona el carbono y el oxígeno.¹⁴

El 10% restante de nutrientes y minerales debe derivarse del suelo. En el caso de la hidroponía, estos nutrientes se suministran a través del suelo mediante fertilizantes y nutrientes suplementarios. Actualmente existen 16 elementos



considerados “esenciales” para la vida vegetal. Los principales nutrientes incluyen nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), así como calcio, magnesio, azufre y otros.¹⁴

Fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso en el que las plantas utilizan la energía del sol para sintetizar alimentos. Para ello, las plantas absorben agua y dióxido de carbono, y transforman estos elementos en oxígeno y glucosa. El oxígeno se devuelve al aire y la glucosa se almacena durante energía.

El agua ayuda a transportar nutrientes a través del suelo para nutrir la planta. Las plantas absorben el agua de sus raíces y el agua sube por el tallo hasta las hojas. Las raíces necesitan espacio adecuado para absorber los nutrientes circundantes. Si el suelo carece de los nutrientes necesarios, se pueden agregar fertilizantes y nutrientes suplementarios para sustentar la planta.

En las células de las hojas se encuentra el orgánulo conocido como cloroplasto. Aquí se produce glucosa y nutre a la planta. Los cloroplastos contienen un pigmento verde conocido como clorofila, que absorbe la luz solar y la transfiere a moléculas que almacenan energía. La energía almacenada se utiliza luego para convertir agua y dióxido de carbono en oxígeno y glucosa.¹¹

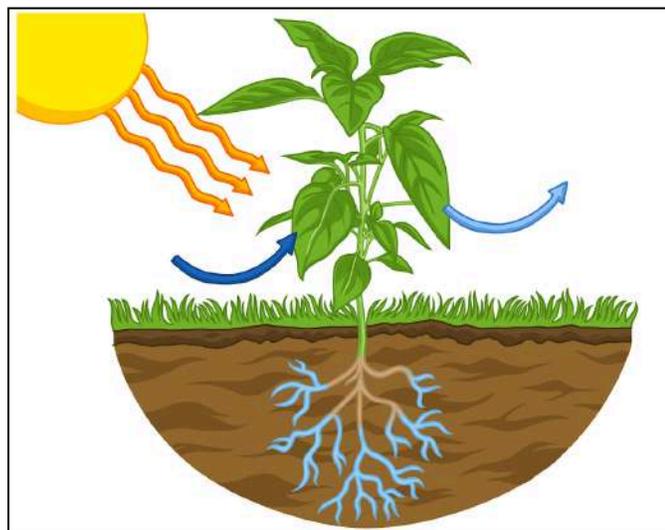


Figura 2: Representación visual de la fotosíntesis en una planta.¹¹



C) Tipos de sistemas hidropónicos

Técnica de película de nutrientes (NFT)

La técnica de la película nutritiva es el sistema utilizado por la hidroponía descrito para *El Gandul* en este manual, y uno de los sistemas más utilizados. Las plantas están aseguradas en tubos que están ligeramente inclinados, lo que permite que el agua fluya hacia abajo hacia un tanque con una bomba que fuerza el agua a subir nuevamente a los tubos.

Una corriente de agua fluye sobre las raíces de las plantas y, si es necesario, se añaden nutrientes al agua (NoSoilSolutions, 2023). Este sistema funciona bien con la lechuga, el cilantro y otras hierbas o plantas pequeñas.

Técnica de flujo profundo (DFT) es una variante de NFT en la que las raíces de las plantas se sumergen en una solución nutritiva fluida (Pure Greens, 2023). DFT no requiere inclinación, pero normalmente se necesita una bomba de aire para airear el agua.³

Cultivo de aguas profundas (DWC)

En el cultivo en aguas profundas, las plantas se mantienen en macetas o redes sobre un tanque de agua lleno de nutrientes para que sus raíces queden sumergidas. Es necesaria una bomba de aire para airear el agua y proporcionar oxígeno a las raíces.

Una vez sumergido en un recipiente de agua burbujeante y lleno de nutrientes, casi cualquier tipo de fruta o verdura puede prosperar. Los sistemas de raíces grandes pueden sustentarse con cuencas más grandes.¹²

Sistema de flujo y reflujo (inundación y drenaje)

El sistema de flujo y reflujo inunda periódicamente un lecho de plantas con agua mediante un temporizador. Un drenaje en un extremo del lecho o bandeja evita el desbordamiento y devuelve el agua a un tanque para recircularla. Después de un tiempo elegido, el temporizador apaga la bomba para vaciar el lecho y airear las raíces.



Este sistema funciona bien para la mayoría de las plantas y tubérculos. Sin embargo, no se recomiendan las plantas con raíces grandes, ya que necesitan bandejas más profundas y anchas que ocupen más espacio.¹²

Sistema de goteo

El agua con nutrientes se bombea a través de tubos directamente a la base de las plantas en el sistema de goteo. El agua se puede gotear sobre el lecho de la planta a un ritmo lento para conservarla, o rápidamente a medida que el exceso se devuelve a un tanque ubicado debajo.

La mayoría de las hierbas y plantas pequeñas se pueden cultivar en este sistema una vez que se gotea la cantidad precisa de agua sobre las raíces.¹²

Sistema de mecha

Un sistema de mecha es la forma más pasiva de hidroponía, ya que no utiliza electricidad ni bombas. En cambio, las plantas se colocan en un medio absorbente sin tierra con mechas de cuerda o hilo que van desde las plantas hasta la solución nutritiva que se encuentra debajo.

Sin bombas, normalmente no llega tanta agua a las plantas a través

de este sistema. Las hierbas son óptimas para el sistema de mecha ya que requieren pequeñas cantidades de agua.¹²

Método corto

El método Kratky es otra forma pasiva de hidroponía en la que las plantas crecen en una red o maceta encima. agua con infusión de nutrientes con solo las puntas de sus raíces sumergidas. El oxígeno llega a la raíz a través de un espacio de aire entre la base de la planta y el agua.

Este sistema funciona bien para la mayoría de las plantas de jardín siempre que la solución nutritiva se reponga en el recipiente según sea necesario.¹²

Aeroponía

La hidroponía puede ser más difícil de instalar que otros sistemas porque se rocía agua con nutrientes sobre las raíces de las plantas suspendidas. Una bomba de agua impulsa el agua a través de atomizadores que rocían las raíces de las plantas cercanas. El exceso de agua que gotea de las raíces se puede recoger en un tanque con la bomba de agua.

Este método se puede utilizar para cultivar la mayoría de las plantas



de jardín pequeñas, pero no es ideal para plantas con grandes sistemas de raíces o grandes necesidades de agua.¹²

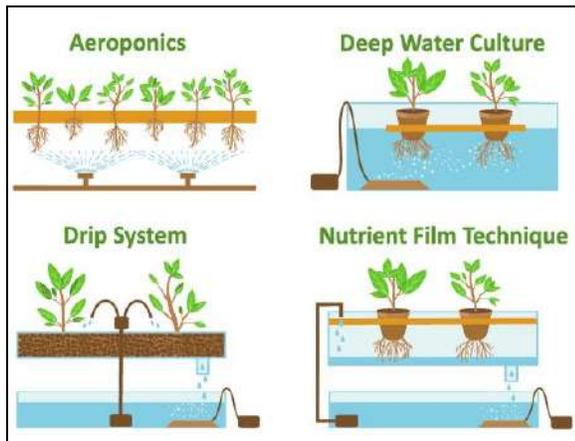


Figura 3: Visualización de diferentes tipos de hidroponía explicados anteriormente.¹

D) Etapas de la hidroponía

Siembra

La siembra es el paso inicial en el que las semillas se colocan en un medio de cultivo adecuado dentro de una configuración hidropónica. Para empezar, elija semillas de alta calidad que prosperen en entornos hidropónicos y prepare el medio de cultivo, como lana de roca o fibra de coco Oasis Agrícolas. Haga agujeros del mismo tamaño en el medio usando un lápiz sin punta u objeto de diámetro similar. Vierta las semillas sobre los agujeros y llene cada agujero con suficientes semillas para llegar al borde del agujero (alrededor de 10 semillas). Remoje el medio de cultivo en agua con pH ajustado para garantizar una humedad uniforme. Coloque el medio húmedo en bandejas para semillas y siembra las semillas a una profundidad de aproximadamente el doble de su tamaño. Asegúrese de sembrar algunas semillas más de las necesarias en caso de que falle la germinación. El objetivo durante la fase de siembra es colocar las semillas en un entorno estable y bien preparado que facilite el próximo proceso de germinación.



Después de sembrar, etiqueta cada bandeja si se están cultivando múltiples variedades de plantas. Esto ayuda a monitorear y gestionar las condiciones de crecimiento adaptadas a cada tipo de planta. Las semillas no requieren luz en esta etapa, pero mantener el nivel de humedad correcto es crucial para prepararlas para una germinación exitosa.



Figura 4: Ultrafoam Seed Starter, también conocido como esponjas de cultivo hidropónico, donde las semillas se colocan en los agujeros para su germinación.

Germinación

La siguiente siembra es **la germinación**, fase crítica donde las semillas comienzan a brotar y convertirse en plántulas jóvenes. Este proceso comienza cuando la semilla absorbe agua, se hincha y rompe su cáscara. Las condiciones ideales para la germinación incluyen mantener temperaturas entre 68 °F y 72 °F y garantizar una alta humedad, lo que puede mejorarse mediante el uso de un domo de humedad. Proporcione a las semillas entre 14 y 16 horas de luz al día para estimular la brotación. Por lo general, las semillas de cilantro tardan entre 7 y 14 días en germinar y las semillas de lechuga, entre 1 y 6 días.

Controle el sustrato con regularidad para asegurarse de que permanezca húmedo y mantenga el pH dentro de un rango de 5,5 a 6,0. Una vez que las semillas germinan, indicado por la aparición de raíces, comience a aplicar una solución nutritiva a un cuarto de su concentración, aumentando gradualmente a medida



que las plántulas maduran. Este manejo cuidadoso de las condiciones ambientales durante la germinación garantiza que las plántulas tengan un comienzo sólido, preparando el escenario para un jardín hidropónico exitoso.

La siguiente tabla se puede utilizar para probar la viabilidad de la germinación de semillas. El seguimiento de la viabilidad de las semillas garantiza que estén lo suficientemente sanas para la siguiente fase del crecimiento hidropónico: el trasplante.

Generalmente, la germinación toma 1 semana solo con agua, 2 semanas con agua y nutrientes seguidas de un transporte al sistema hidropónico típicamente durante las siguientes 3 semanas. Es importante tener en cuenta que estos plazos están sujetos a cambios según las condiciones físicas y los tipos de productos.¹⁰



Trasplante

El trasplante en hidroponía es el proceso de trasladar las plántulas desde su medio de germinación inicial a un sistema hidropónico permanente, crucial para su crecimiento continuo. Comience asegurándose de que las plántulas sean robustas, muestran múltiples hojas verdaderas y un sistema de raíces bien desarrollado.

Para trasplantar, retire con cuidado cada plántula de su medio de germinación, minimizando la alteración de las raíces. Si las plántulas están en lana de roca o un medio similar, transfírelas directamente a macetas de red o cestas de cultivo. Si están en un medio suelto, enjuague suavemente el exceso de tierra antes de colocarlos en el medio hidropónico dentro de las cestas. Asegúrese de que las raíces están sumergidas o humedecidas regularmente con la solución nutritiva.



Figura 5: mitad del proceso de trasplante de brotes de lechuga de la mesa de germinación a la mesa hidropónica.

Después del trasplante, controle de cerca las plántulas para detectar signos de estrés, como marchitez o coloración amarillenta, y ajuste la luz, los nutrientes y las condiciones ambientales según sea necesario. Vigile la concentración de nutrientes para evitar quemar plantas jóvenes con una solución demasiado fuerte.



El cuidado adecuado durante esta etapa establece una base sólida para el crecimiento saludable de las plantas en el sistema hidropónico.

Cosecha

La cosecha es la gratificante fase final del ciclo de vida de la jardinería hidropónica, crucial para maximizar el rendimiento y la calidad del producto. Comience monitoreando sus plantas en busca de signos de madurez, como color completo, tamaño y firmeza, para determinar el momento óptimo para cosechar. Asegúrese de que todo el equipo, como tijeras o tijeras, esté limpio y esterilizado, y use siempre guantes para mantener la higiene y proteger el producto.

Utilice herramientas afiladas para cortar las plantas limpiamente; en el caso de las verduras de hojas verdes, puedes cortar hojas individuales o cabezas enteras, mientras que las plantas frutales requieren un manejo cuidadoso para cortar los frutos cerca de los tallos sin dañarlos. Inmediatamente después de la cosecha, coloque los productos en recipientes o bolsas limpios y secos, y guárdalos en un lugar fresco o en el refrigerador para mantenerlos frescos y prolongar su vida útil. Para el almacenamiento a largo plazo, considere métodos como secar, congelar o enlatar, según el tipo de producto.¹⁰

- La siguiente cronogramas proyecta el tiempo esperado de crecimiento tanto en la mesa de germinación como en el marco hidropónico.



Crecimiento vegetal proyectado

Tipo de producto	Tiempo de germinación	Tiempo de Cosecha (incluye germinación)	mejor temporada
Cilantro	7-14 días	6-8 semanas	Octubre-febrero
Lechuga	7-10 días	6-8 semanas	noviembre-abril
fresas	7-14 días	8-12 semanas	noviembre-abril
Espinaca	7-14 días	5-7 semanas	noviembre-abril
Micro Hierbas	3-10 días	1-3 semanas	noviembre-abril

Tabla 1: Tiempo de germinación proyectado, tiempo de cosecha y temporadas óptimas para tipos específicos de productos

E) Mantenimiento

Niveles de pH

El pH es uno de los principales puntos de énfasis cuando se trata de hidroponía, porque los niveles de pH influyen en todos los aspectos del crecimiento de las plantas. El pH proporciona una lectura eficaz de cómo las plantas absorberán los nutrientes; Ya sea demasiado ácido o demasiado alcalino, tus plantas no podrán absorber los nutrientes adecuadamente.

Teniendo esto en cuenta, los niveles de pH deben comprobarse todos los días para garantizar un crecimiento adecuado. **El pH adecuado debería ser ideal en 6,5, pero un rango de 6,0 a 7,5 es un buen nivel a mantener.** Se puede utilizar un kit de prueba de pH para medir el pH de la solución. Este kit incluye una solución de prueba de pH que cambia el color del líquido probado según su pH. La escala de colores del pH está etiquetada en la botella. Normalmente, cuando se produce un color verde a partir de la solución de prueba, el

líquido analizado se encuentra en el nivel de pH ideal de 6,5.

Hay soluciones disponibles para reducir y aumentar el pH y para ajustar los niveles de pH en consecuencia, y la solución de prueba de pH permite probar el nivel de pH exacto. **2 onzas de pH hacia arriba o hacia abajo deberían ajustar el nivel en un paso en consecuencia.**

Al probar el pH del agua, asegúrese de obtener una muestra del agua del tanque de la fuente (a medida que sale de los tubos negros hacia el tanque). Si el agua no está corriendo actualmente, tome la muestra del medio del agua del tanque para obtener una lectura precisa.



Figura 6: Kit de pH adquirido en Hydro Warehouse. Contiene pH Up, pH Down y un probador de pH.



Control de plagas y enfermedades

Para combatir plagas, enfermedades y hongos, la solución más sencilla proviene del tipo de semillas que se compran. Las semillas se etiquetaron y recubrirán con un tinte brillante cuando se les apliquen tratamientos con pesticidas o fungicidas. Es más eficaz utilizarlos, ya que están pretratados y se pueden sembrar inmediatamente sin necesidad de tratamiento adicional.

En términos de control de plagas, lo ideal sería utilizar opciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. En la zona de El Gandul, algunas de las mayores plagas son los gatos y las gallinas callejeras. Hemos cubierto con papel de aluminio hasta el fondo de la lona de plástico para ahuyentar dichas plagas. Además, se sabe que la lámina repela otras plagas como pulgones y trips que son más difíciles de detectar.

Las algas son una última plaga que se puede evitar fácilmente utilizando tubos y tanques opacos. Además, si aparecen algas en los tubos o en el sistema, se puede desmontar el modelo para pasar un



cepillo por los tubos y eliminar cualquier exceso de raíces o algas.

Minerales y nutrientes suplementarios

Existen varios nutrientes y fertilizantes necesarios para los sistemas hidropónicos. Las siguientes medidas son necesarias para un bidón de 55 galones y se pueden ajustar en consecuencia. *Todas las medidas deben mezclarse en un recipiente hermético con un galón de agua antes de agregarlas al tambor.*

Mezcla de solución nutricional

- 1 onza de NPK
- 1 onza de nitrato de calcio
- 2 onzas de magnesio
- 1 onza de hierro
- 0.5 oz Raizal
- 1 onza de pH reducido
- 1 oz de fósforo de jardín

Sobre *la tercera semana de germinación*, la solución nutritiva se debe agregar a las semillas en germinación. Cuando se trasplanta al marco en A, se deben usar las mismas medidas de nutrientes en el tanque. Estas medidas se agregarán al tanque según sea necesario hasta la última semana en el marco. En la última semana, los nutrientes añadidos ya no

son necesarios y el sistema debe lavarse únicamente con agua.

Lo más importante es asegurarse de utilizar un **Fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo, potasio)** con una proporción de 11-11-40. El nitrógeno está destinado a ayudar a que las plantas crezcan hojas y se vuelvan verdes. El fósforo favorece especialmente los capullos, las flores y los frutos de las plantas. El potasio ayuda al crecimiento general.

También se debe utilizar nitrato de calcio en la mezcla mineral. El sulfato de calcio también es una opción, pero menos soluble en agua, lo que hace que el nitrato de calcio sea la mejor opción. Se sabe que el nitrato de calcio estimula el crecimiento y la salud de las raíces. Con el crecimiento estimulado de las raíces, es más probable que la planta absorba nutrientes.

→ **Magnesio** es vital ya que ayuda a las plantas a absorber la luz solar. A su vez, la fotosíntesis se ve impulsada por una mayor absorción de luz solar.

→ **Hierro** es importante para la síntesis de clorofila o el color verde de las plantas. Por tanto, si las

plantas se vuelven amarillas, esto indica niveles bajos de hierro.

- **Raizal** es una buena adición ya que es un fertilizante que mejora el crecimiento de las raíces en las plantas jóvenes.
- **PH bajo** es necesario para bajar el agua típicamente básica de Puerto Rico a un pH de 6-6.5. Se debe probar el pH antes de agregar pH hacia arriba o hacia abajo al tambor de 55 galones.
- **Fósforo de jardín** también es importante, ya que es un fungicida a base de fósforo para plantas y jardines. Con este nutriente añadido, las plantas son menos susceptibles a las infecciones por hongos.

Luz de sol

Para un crecimiento adecuado, las plantas necesitan al menos 6 horas de luz solar al día. Sin embargo, la luz solar directa puede ser perjudicial para las plantas hidropónicas y provocar que se sequen y se

marchiten. Por lo tanto, es necesario algún tipo de techo transparente para permitir la entrada de luz pero que esta no sea demasiada intensa.

Calidad del agua

Con las mediciones correctas de nutrientes, la calidad del agua debe estar en el nivel adecuado para cultivos hidropónicos de crecimiento.

El agua del grifo típica en Puerto Rico se mide alrededor de un pH de 6-7. Con este nivel de pH, la calidad del agua es generalmente segura para usar en hidroponía con ajustes mínimos. Aún así se deben agregar al agua los nutrientes y minerales adecuados, ya que carece de los nutrientes que necesitan las plantas.

La conductividad eléctrica (CE) también es una prueba importante para evaluar la calidad del agua. Los medidores de conductividad se pueden comprar en tiendas hidropónicas y en línea.

Pruebe los niveles de EC a partir de la semana 3 de germinación o cada vez que se agregan nutrientes al suministro de agua. En la primera semana de adición de nutrientes, la CE debe ser de 200 a 300 ppm. La primera semana en el marco hidropónico debe tener niveles de CE de 800 a 900 ppm.



La segunda semana debe leer entre 1200 y 1400 ppm. La última semana debería volver a la semana inicial, alrededor de 200-300 ppm.

Si bien los niveles de pH y CE del agua del grifo son generalmente seguros, sigue siendo importante comprobar periódicamente el pH y la CE para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas.

Suministros y materiales básicos

Para los sistemas hidropónicos, además del marco en sí, hay varios materiales necesarios para su uso.

En primer lugar y más obviamente, las semillas son importantes. Como se recomendó anteriormente, las semillas pretratadas con fungicida son las mejores. Si se compran semillas no tratadas, es importante comprar también cualquier material de control

de plagas o enfermedades, como aerosoles o soluciones para agregar al tanque de agua.

A continuación, la espuma hortícola es necesaria para que las semillas germinen y crezcan. Esto generalmente se conoce como iniciadores de semillas Ultrafoam o esponjas de cultivo hidropónico. Las semillas se distribuyen en la espuma y luego se dejan germinar y hacer crecer raíces a través de la espuma durante todo su crecimiento.

Seguimiento del progreso de la planta

La siguiente tabla se puede utilizar para registrar el progreso hidropónico y garantizar que se alcancen el crecimiento objetivo y las medidas. Esta tabla es un ejemplo del progreso de una semana.



Cuadro de recopilación de datos diarios de la planta

Mes:		Cultivo:			
	Día del trasplante	Temperatura (°F)	ESTE	pH	Fecha (año)
1ra semana	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				

IV. CENTRO COMUNITARIO GANDUL JARDÍN HIDROPÓNICO

A) Construcción de jardines

Configuración del jardín

El jardín hidropónico de El Gandul se creó como un modelo en forma de A justo afuera del centro comunitario. El diseño del marco en A permite 5 tubos para plantas en cada lado (10 en total), con 9 orificios en cada tubo, un total de 90 orificios para plantas en el marco.

El tambor de 55 galones contiene una bomba de agua ajustable de 793 galones/hora en aproximadamente 30 galones de agua. El agua se alimenta desde la bomba en el tanque a través de un tubo de PVC negro. Luego, un conector en T suministra agua a través de tubos de espagueti de ½ pulgada a cada tubería de la planta.



Figura 7: Una maqueta aproximada del hidropónico usando palitos de brocheta y pegamento caliente. El modelo se ajustó a las medidas del callejón exterior para representar una maqueta precisa del producto final.



Figura 8: Una representación digital del diseño del marco de PVC final. La figura no está a escala.

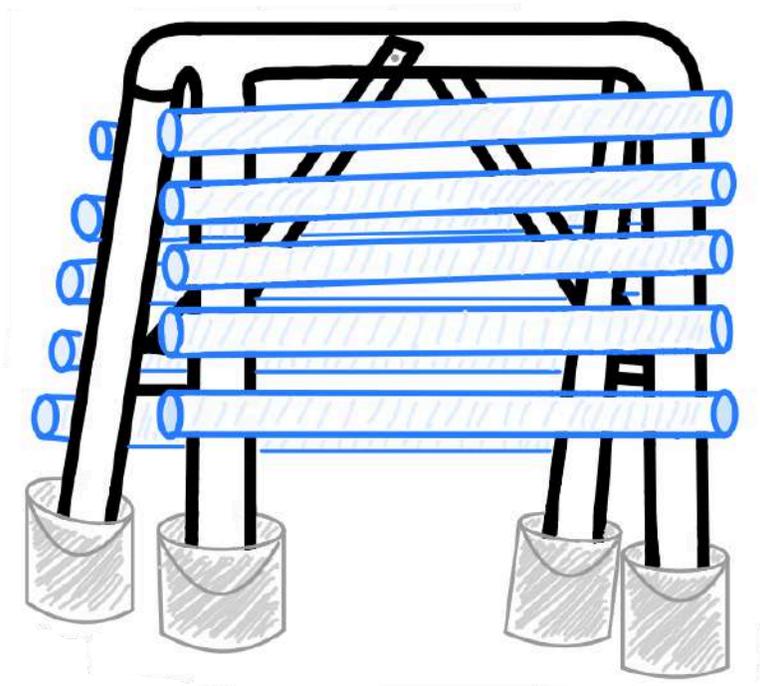


Figura 9: Una representación digital del diseño del sistema hidropónico final; sin incluir piezas de circulación de agua (tanque, tubería, bridas, bomba de agua y techo). La figura no está a escala.

Ubicación

Nuestro modelo hidropónico está ubicado en el área del callejón al aire libre del Centro Comunitario El Gandul en Gandul, San Juan.

El callejón es un espacio rectangular de aproximadamente 9 pies de ancho por 40 pies de largo, con bebederos y algunos materiales exteriores almacenados contra las paredes de concreto. Una escalera conduce al techo del Centro Comunitario en la parte trasera del callejón.



Figura 10: El callejón al lado del centro comunitario de Gandul antes de la construcción (izquierda) y después de la construcción hidropónica (derecha)

Lista de presupuesto y materiales

Esta tabla detalla los materiales necesarios para construir el jardín hidropónico y mantenerlo con nutrientes y plantas. Se proporcionan los costos estimados, sin embargo, algunos artículos pueden variar según dónde se compran, por lo que también se recomendaron tiendas específicas.

En general, *comillas simples* ['] después de un número indica *medidas en pies*, mientras que *comillas dobles* ["] después de un número indica *medidas en pulgadas*. Más detalles sobre la tabla y los caracteres utilizados se pueden encontrar debajo de la tabla.



Mesa 1: Costos estimados de los materiales del sistema de agua

Materiales de jardín hidropónico	Cantidad	Costos estimados (IVA incluido)	Tienda donde se compró el artículo
Tubo de goma negro de ½"	40 pies	\$22.00	Hydro WareHouse PR
Tubo de caucho negro de ¼"	30 pies	\$9.00	Hydro WareHouse PR
Bomba de agua ECOPlus 793 GPH	1	\$91.00	Hydro WareHouse PR
Conector "T" de ½" (plástico)	1	\$0.50	Hydro WareHouse PR
Temporizador mecánico Growl	1	\$16.00	Hydro WareHouse PR
Tambor azul de plástico de calidad alimentaria de 55 galones	1	\$45.00	Maderas 3C

Mesa 2: Costos estimados de nutrientes y semillas

Materiales de jardín hidropónico	Cantidad	Costos estimados (IVA incluido)	Tienda donde se compró el artículo
11-11-40 Fertilizante Master Plant-Prod	1 libra	\$5.00	Hydro WareHouse PR
polvo de magnesio	1 libra	\$5.00	Hydro WareHouse PR
Kit de control de pH GH	1	\$22.00	Hydro WareHouse PR
Semillas de cilantro	1 libra	\$22.00	Hydro WareHouse PR
Bandeja de plástico negra	1	\$4.00	Hydro WareHouse PR



(20" x 10" x 2")			
Iniciador de semillas ultra espumoso	1	\$6.00	Hydro WareHouse PR
Nitrato de calcio	55 libras	\$44.00	Pan American Grain Corujo

Mesa 3: Costos estimados para PVC y material de marco

Materiales de jardín hidropónico	Cantidad	Costos estimados (IVA incluido)	Tienda donde se compró el artículo
Codo de PVC de 1-½"	2	\$13.50	Ferretería Comercial Caraballo
Conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados	2	\$10.00	Ferretería Comercial Caraballo
Conector T-PVC de 1 ½"	1	\$3.00	Ferretería Comercial Caraballo
Tubería de PVC de 10' por 2"	6	\$45.00	Deposito de casa
Tubería de PVC de 10' por 1 ½"	3	\$22.00	Deposito de casa
Tubería de PVC de 10' por ½"	2	\$14.00	Deposito de casa
Gancho en J para colgador de tubos de 2"	20	\$30.00	Deposito de casa
Tapas para tubos de PVC de 2"	20	\$31.00	Cupey de madera del Caribe



Mesa 4: Costos estimados de herramientas

Materiales de jardín hidropónico	Cantidad	Costos estimados (IVA incluido)	Tienda donde se compró el artículo
tuerca de 5/16"	4	\$0.60	Ferretería Comercial Caraballo
Tornillo hexagonal de 5/16"	4	\$7.00	Ferretería Comercial Caraballo
Arandelas de 3/8"	8	\$1.50	Ferretería Comercial Caraballo
Tornillo metálico de 1/4" por 3"	4	\$3.00	Ferretería Comercial Caraballo
tuerca metálica de 1/4"	4	\$0.50	Ferretería Comercial Caraballo
arandela metálica de 1/4"	4	\$0.50	Ferretería Comercial Caraballo
Pegamento para PVC Weld On 725 Wet 'R Dry (32 oz)	1	\$4.00	Ferretería Comercial Caraballo
Sierra de mano de 12 pulgadas	1	\$8.00	----- -----
Sierra perforadora de 2"	1	\$8.00	----- -----
Dremel manual/mini herramienta rotativa con accesorio cónico	1	\$20.00	----- -----
Kit de herramientas para brocas que contienen 5/16", 1/4" y 1/2"	1	\$11.00	----- -----



Mesa 5: Costos estimados para artículos varios

Materiales de jardín hidropónico	Cantidad	Costos estimados (IVA incluido)	Tienda donde se compró el artículo
bridas negras	1 paquete (50 corbata s)	\$5.00	Ferretería El Cometa
Lona de plástico HUSKY (10 pies x 20 pies)	2	\$16.00	Walmart
Toldo para exteriores con patas inclinadas instantáneas de 10' x 10'	1	\$50.00	----- -----
Tapas de tubo de ½" (alternativa: canicas)	2	\$3.00	----- -----
Cubos de pintura de 5 galones	4	\$7.00	----- -----
Rocas/arena	100 libras	\$37.00	----- -----
Tablón de madera o PVC de 2' por 1'	1	\$7.00	----- -----

Costo total estimado para el sistema hidropónico, nutrientes y semillas:

\$649.10

Notas:

*Los guiones (-----) en la columna "Tienda donde se compró el artículo" indican que el material ya estaba disponible en el Centro Comunitario de Gandul para su uso en este proyecto.



*Una dremel manual es ideal, pero sigue siendo opcional, para alisar los bordes ásperos y eliminar los trozos ásperos de PVC después de perforar. El papel de lija también es una alternativa opcional para alisar los agujeros de las artesas.

*Es posible que algunos de los elementos identificados anteriormente ya están disponibles gratuitamente en hogares u organizaciones para su uso. Se enumeró cada artículo y se proporcionó un costo estimado para mostrar una lista completa y exhaustiva de los requisitos del sistema hidropónico.

*Las cantidades de todos los artículos son exactas o ligeramente sobreestimadas para garantizar que se compre suficiente material para la construcción.



Construyendo el Marco

Materiales necesitados:

- 30 pies de tubería de PVC de 1 ½"
- Conector en T de PVC de 1 ½"
- 130 pulgadas de tubería de PVC de ½"
- Soldar sobre pegamento de PVC seco Wet 'R
- Conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados (2x)
- Codo de PVC de 1 ½" (2x)
- Gancho en J de 2" de ancho (20x) (y tornillos personalizados en los ganchos)
- Tornillos metálicos de 5/16" (4x)
- Tuerca de 5/16" (4x)
- Arandelas de 3/8" (4x)
- Tornillo metálico de 1/4 por 3" (4x)
- Tuerca de 1/4" (4x)
- Arandela de 1/4" (4x)
- Herramientas: Sierra de mano, taladro de mano, broca de 5/16", broca de ½", dremel de mano
- Balde de pintura de 5 galones (4x)
- Rocas/arena

Corte:

- *¡Consulte *Salud y seguridad* en la **página 47** para protegerse de las virutas de PVC y otras preocupaciones de los materiales hidropónicos!  
-   Utilice la sierra de mano para cortar el PVC de 1 ½" de ancho en cuatro piezas de 6 pies de largo y dos piezas de 2,5 pies.
- Corta el PVC de ½" de ancho en dos. Piezas de 3,5 pies de largo dos piezas de 23 pulgadas de largo.

Pegado:

- Limpie el pegamento para PVC a lo largo del interior del codo de PVC de 1 ½" en un extremo, luego inserte inmediatamente una de las piezas de PVC de 2,5

pies en el codo. (Repita este paso usando el segundo codo de 1 ½" y el tubo de PVC de 2,5 pies de largo para hacer dos extremos idénticos).

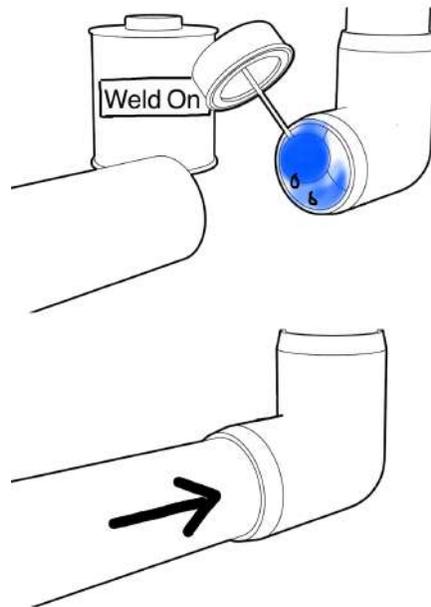


Figura 11: Pegar un codo de PVC con el tubo de PVC de 2,5 pies.

- Limpie el pegamento de PVC a lo largo del interior del otro extremo del codo de PVC e inserte el conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados. (Repita esto para el segundo codo).
- Limpie el pegamento para PVC a lo largo del interior de un extremo libre del conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados e inmediatamente inserte una de las piezas de PVC de 6 pies. (Repita este paso para la tercera abertura del conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados. El resultado debe ser una gran estructura en "V" invertida).

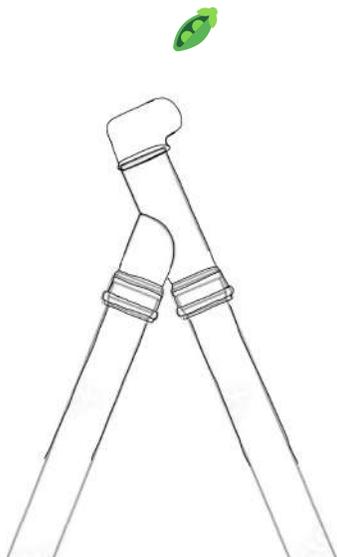


Figura 12: Bosquejo de las dos patas del marco hidropónico conectadas por el conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados. El codo de PVC también está dibujado para mayor claridad, pero el resto del marco no está dibujado. La imagen no está a escala.

- Repita el paso anterior utilizando el segundo conducto de PVC de 1 ½" en estrella de 45 grados y el resto del PVC de 1 ½" de 6 pies de largo.
- Fije los dos extremos del marco usando el conector en T de PVC de 1 ½". Conecte los tubos de PVC de 2,5 pies de largo para que el marco tenga un total de 5 pies de largo.

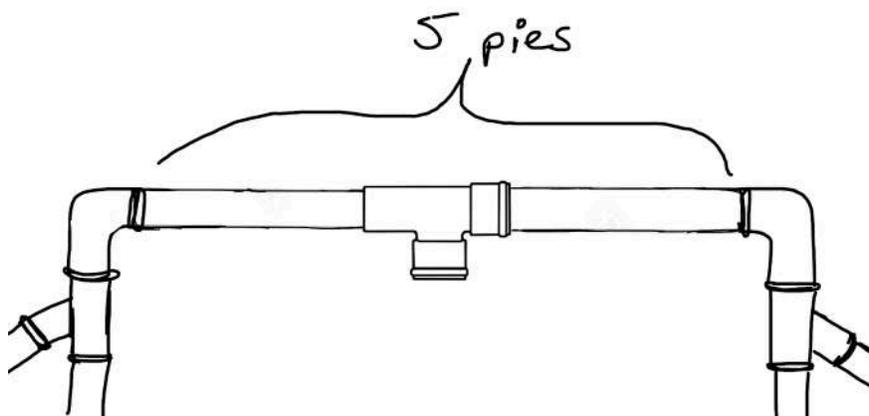


Figura 13: Bosquejo de los dos tubos de PVC de 2,5 pies conectados por el conector en T de 1 ½" para formar la parte superior del marco hidropónico. La imagen no está a escala.

Prensado/Fundición: 

- Aplane ambos extremos de las piezas de PVC de 1 ½" de 3,5 pies de largo colocando el PVC sobre un quemador caliente (u otra fuente de calor) y golpeándolo suavemente con un martillo.
- Aplane 2 pulgadas del PVC de 1 ½" de 3.5 pies de largo en ambos extremos, asegúrese de aplanar un extremo horizontalmente y el otro verticalmente (consulte Figura 14).
 - Aplanar los extremos del PVC facilitará la perforación de este tubo en el resto del marco.
- Deje que el PVC se enfríe completamente antes de usarlo.

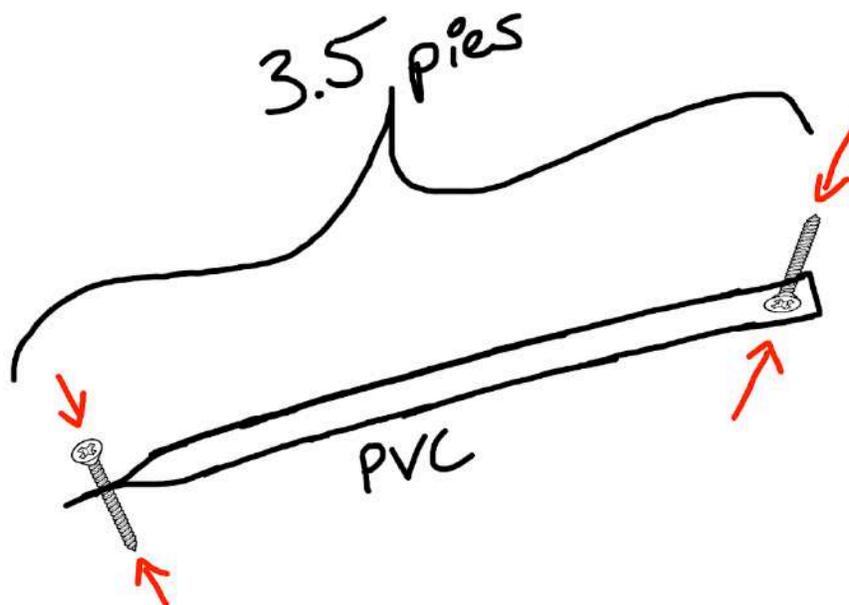


Figura 14: Boceto del PVC de 1 ½" de 3.5 pies de largo que está aplanado en ambos extremos, pero en direcciones perpendiculares. Los tornillos muestran dónde se unirá el tubo al marco. La imagen no está a escala.

Perforación: 

- Utilice una broca de 5/16" para crear orificios para los tornillos metálicos de 5/16" y fije el PVC de ½" de 23 pulgadas de largo entre las patas del marco en ambos lados (consulte Figura 15). Coloque tuercas y arandelas ajustadas en la parte posterior de los tornillos.



- El PVC debe fijarse a dos patas del marco y debe estar situado aproximadamente a 3 pies del suelo.
- Llamamos a esta tubería de PVC "barra A" porque crea la línea que hace que el marco hidropónico parezca una "A" mayúscula.
- Se utilizó una dremel manual para alisar los bordes ásperos y los trozos de PVC después de perforar los agujeros.
- Repita este proceso en ambos lados del marco hidropónico.

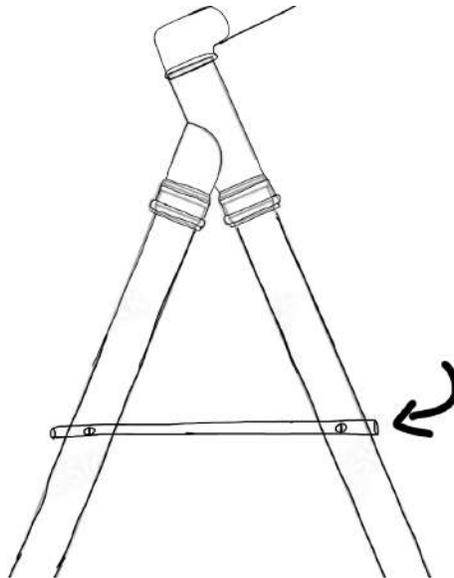


Figura 15: Bosquejo de la "barra A" de PVC de 23 pulgadas que estabiliza dos patas del marco. La imagen no está a escala.

- Utilice una broca de $\frac{1}{2}$ " para crear agujeros para los tornillos de metal de $\frac{1}{4}$ " por 3" y fije el PVC de $\frac{1}{2}$ " de 3,5 pies de largo al marco. Coloque tuercas y arandelas ajustadas en la parte posterior de los tornillos.
 - Un extremo aplanado se atornilla al costado del marco aproximadamente a 3 pulgadas delante del conector en T de PVC de $1\frac{1}{2}$ "
 - El otro extremo aplanado se atornilla a la parte superior de la barra A (consulte Figura 16).

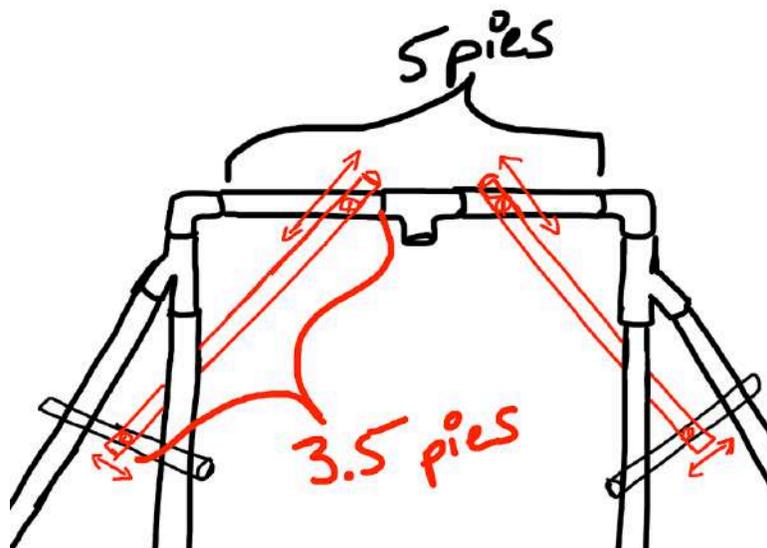


Figura 16: Bosquejo de los tubos de PVC de 1 ½" de 3,5 pies de largo perforados en las barras A y el marco. Un extremo aplanado descansa sobre una barra en A y el otro está perforado paralelo a la parte superior del marco. La imagen no está dibujada a escala.

- Las barras de ½" brindan más resistencia y estabilidad al hidropónico para soportar el peso de la planta y el viento.
- Use una sierra de mano para cortar la mitad del cuello del gancho en J de 2" de ancho, luego use un taladro manual para atornillar los ganchos en J en ubicaciones medidas específicas en las patas del marco hidropónico. (Se proporcionaron los tornillos adecuados en el paquete con el gancho en J).
 - El gancho superior (primera fila) debe atornillarse a la pata del marco directamente debajo de la barra de 45 grados del conducto de PVC de 1 ½" (consulte Figura 17). Esto es para ambas piernas más cercanas al tanque (salida).
 - Se deben perforar los siguientes cuatro ganchos en la pata del marco más cercana al tanque de agua (salida), a estas alturas especificadas medidas hacia abajo desde la parte superior de la pata de PVC (dentro de la pieza en estrella):
 - 2da fila: 13 pulgadas hacia abajo
 - 3ra fila: 24 pulgadas hacia abajo



- 4ta fila: 36 pulgadas hacia abajo
 - Quinta fila (abajo): 47 pulgadas hacia abajo
- Los siguientes cinco ganchos deben perforarse en la pata del marco más cercana a los tubos de entrada de agua de $\frac{1}{4}$ " (entrada), a estas alturas especificadas medidas hacia abajo desde la parte superior de la pata de PVC (dentro de la pieza en estrella):
- Fila superior: 1,5 pulgadas por encima de la pierna (atornilla conector estrella)
 - 2da fila: 11 pulgadas hacia abajo (la pata del marco)
 - 3ra fila: 21 pulgadas hacia abajo
 - 4ta fila: 33 pulgadas hacia abajo
 - Quinta fila (abajo): 44, 5 pulgadas hacia abajo

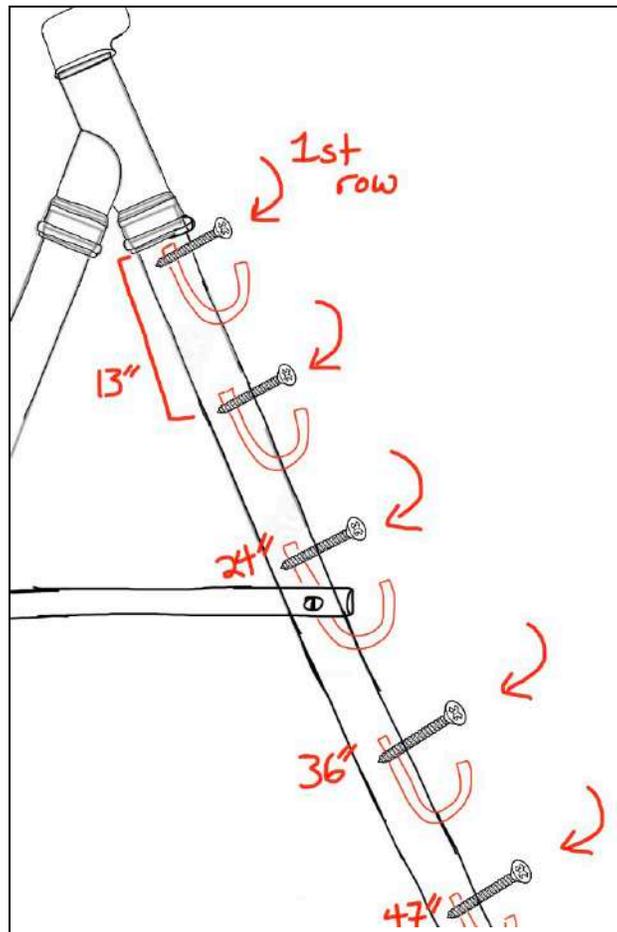




Figura 17: Croquis de las posiciones del J-Hook en una pierna. La distancia se mide desde la parte superior de la pierna hacia abajo. Los ganchos están separados aproximadamente a 1 pie. La imagen no está a escala.

- Los ganchos deben perforarse a estas alturas en ambos lados del marco hidropónico (5 ganchos por pata, 10 ganchos en un lado del marco, 20 ganchos en total).

Estabilizar:

- Coloque cada pata de PVC del marco de 6 pies de largo en su propio balde de pintura vacío, luego llenarlos con arena o roca para inmovilizar el hidropónico.

Construyendo los comederos

Materiales necesarios:

- Herramientas: Sierra de mano, taladro manual, dremel manual, sierra perforadora de 2", broca de ½", broca de ¼"
- 60 pies de tubería de PVC de 2"
- Tapas de PVC de 2" (20x)
- Soldar sobre pegamento de PVC seco Wet 'R

Corte:

- Utilice la sierra de mano para cortar los 2" de ancho. PVC en seis tubos de 6 pies de largo, y use el resto de PVC sobrante para crear cuatro tubos de PVC de 6 pies y 1 pulgada (73 pulgadas en total) de largo.
 - Cada tubo de PVC de 10' debe tener un extremo regular y un extremo voluminoso, el extremo voluminoso es para unir piezas de PVC de 2" (ver Figura 18).

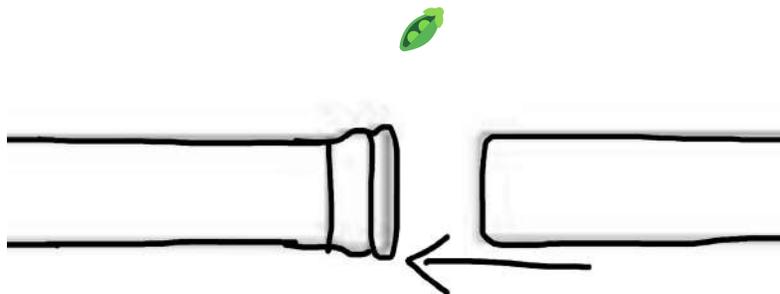


Figura 18: Bosquejo de un extremo voluminoso de una tubería de PVC que se conecta con un extremo regular/liso de una tubería diferente. La imagen no está a escala.⁹

Pegado: 🧤 🧰

- Limpie el pegamento para PVC a lo largo del interior del extremo voluminoso de un tubo de PVC e inmediatamente inserte otra pieza de PVC.
 - (Nuestro equipo unió piezas de PVC de 2" de 4 y 2 pies para crear los tubos de 6 pies de largo necesarios para sostener suficientes plantas en el hidropónico).

Perforación: 🧑‍🔧 🧰 🧤 🧰

- Utilice una broca de 1/2" y una sierra perforadora de 2" conectada a un taladro manual para crear agujeros de 2" de ancho en cada canal de PVC (un total de 10 canales, 9 agujeros por canal = 90 agujeros en hidropónico).
 - ¡¡¡Asegúrate de que el taladro no atravesase ambos lados del PVC!!! El orificio está en un lado de cada tubo y todos los orificios deben estar alineados en una fila.
 - Se pueden hacer 9 agujeros en total, con 5" de espacio entre cada uno.
 - El primer y último orificio deben estar a 7" del borde de los comederos.
 - (Aunque para los tubos inferiores que miden 6' 1" puede haber más espacio desde el borde. Por ejemplo 8").

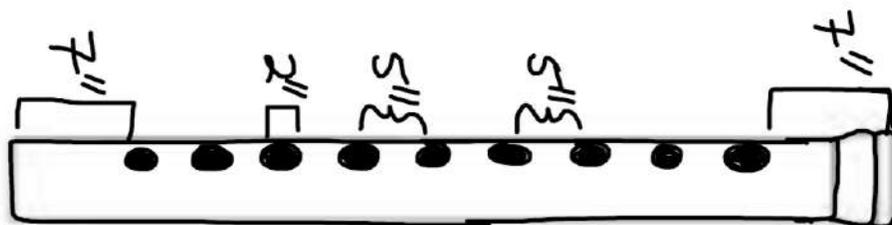




Figura 19: Bosquejo de una cubeta de PVC de 2" con 9 orificios espaciados adecuadamente. La imagen no está a escala.⁹

- Utilice una broca de ½" conectada a un taladro manual para crear un orificio de ½" en una esquina para 10 de las tapas de PVC (ver Figura 20).



Figura 20: Croquis de un agujero realizado en una tapa de PVC de 2" utilizando la broca de ½". Las tapas con orificios de ¼" tienen un aspecto similar. La imagen no está a escala.^{4,8}

- Usar una broca de ¼" conectado a un taladro manual para crear un orificio de ¼" en una esquina para las otras 10 tapas de PVC.
 - Se utilizó un trozo de tubo de espagueti de ¼" como referencia para que el agujero tuviera el tamaño correcto y fuera hermético con los espaguetis insertados.
 - Se utilizó una dremel manual para alisar los bordes ásperos y los trozos de PVC después de perforar los agujeros.

Estabilizar:

- Coloque cada canal en la curva de dos ganchos en J. Los comederos se aseguran cuando se empujan completamente hacia abajo y se escucha un "clic" distintivo del tubo. Tenga cuidado de no romper el PVC.
- Empuje las tapas de PVC de 2" en cada extremo abierto de los comederos con el orificio más cercano al suelo.
 - Las tapas con orificio de ½" deben quedar en el lado más cercano al tanque (salida).
 - Las tapas con el orificio de ¼" deben quedar en el lado más alejado del tanque (entrada).



Construyendo el sistema de agua

Materiales necesitados:

- Herramientas: Tijeras, dremel de mano.
- 35 pies de tubo de caucho negro de ½"
- 26 pies de tubo de espagueti negro de ¼"
- Conector en T de plástico de ½"
- Bridas
- Tapa de ½" o canicas (2x)

Corte:

- Utilice unas tijeras grandes para cortar el tubo de goma negro de ½" en:
 - piezas de 122 pulgadas (1x)
 - Piezas de 50 pulgadas (2x)
 - Piezas de 40 pulgadas (2x)
 - Piezas de 25 pulgadas (2x)
 - 13 pulgadas piezas (2x)
 - Piezas de 9 pulgadas (2x)
 - Piezas de 8,5 pulgadas (2x)
- Utilice unas tijeras grandes para cortar el tubo de goma negro de ¼" (también conocido como tubo de espagueti) en:
 - Piezas de 50 pulgadas (2x)
 - Piezas de 42 pulgadas (2x)
 - Piezas de 30 pulgadas (2x)
 - Piezas de 25 pulgadas (2x)
 - Piezas de 9 pulgadas (2x)

Perforación:

- Seleccione uno de los tubos de ½" de 8,5 pulgadas de largo y use una dremel manual con accesorio cónico para crear 5 orificios de ¼" en un lado del tubo (consulte Figura 21).
 - ¡¡Asegúrese de no perforar completamente el tubo de goma!!



- Utilice un trozo de tubo de espagueti de $\frac{1}{4}$ " como referencia para hacer que el agujero tenga el tamaño correcto y quede hermético con los espaguetis insertados.
- Deje aproximadamente 1 pulgada de espacio entre cada orificio de $\frac{1}{4}$ ".
 - El primer hoyo fue hecho a 1,5 pulgadas de distancia desde el final del tubo.
 - El último hoyo fue hecho a 2,5 pulgadas del final de la tubería.
- Repita este proceso para el otro tubo de $\frac{1}{2}$ " de 8,5 pulgadas de largo.

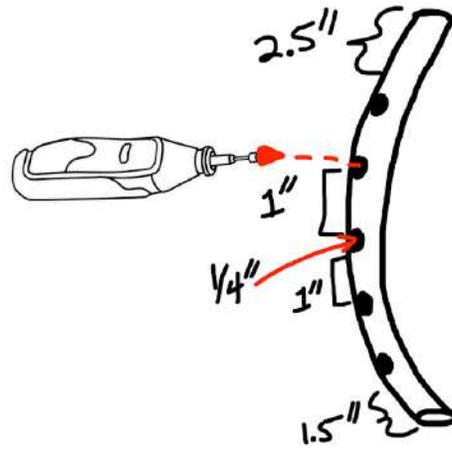


Figura 21: Bosquejo de la dremel manual que se utiliza para hacer orificios de $\frac{1}{4}$ " en un lado del tubo de $\frac{1}{2}$ " de 8,5 pulgadas de largo. La imagen no está a escala.

Conectar:

- Utilice bridas para sujetar el tubo de $\frac{1}{2}$ " de 122 pulgadas de largo al marco, subiendo desde el tanque/bomba, a través del PVC de $1\frac{1}{2}$ " de 5 pies de largo (consulte Figura 22).

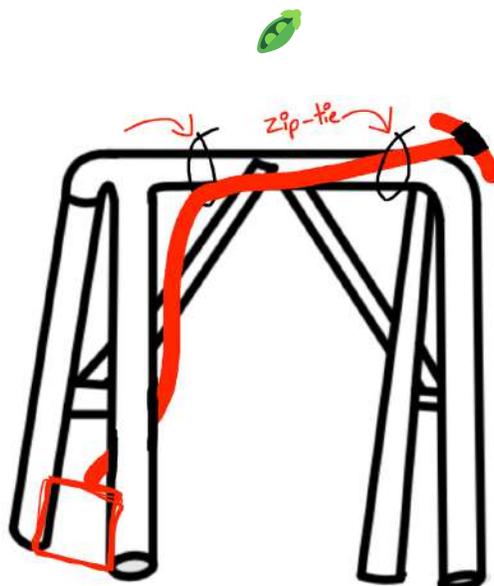


Figura 22: Bosquejo del tubo de $\frac{1}{2}$ " de suministro de agua que cruza el marco hidropónico. La imagen no está a escala.

- Empuje el conector en T de plástico de $\frac{1}{2}$ " dentro del tubo de goma de $\frac{1}{2}$ " en la parte superior del marco y fije cada tubo de $\frac{1}{2}$ " de 8,5 pulgadas de largo a los lados de la "T" con los orificios hacia abajo.
 - El orificio que está a 2,5 pulgadas del extremo del tubo de 8,5 pulgadas de largo debe estar más cerca del conector en T.
 - El orificio que está a 1,5 pulgadas del extremo del tubo de 8,5 pulgadas de largo debe estar más alejado del conector en T (consulte Figura 23).

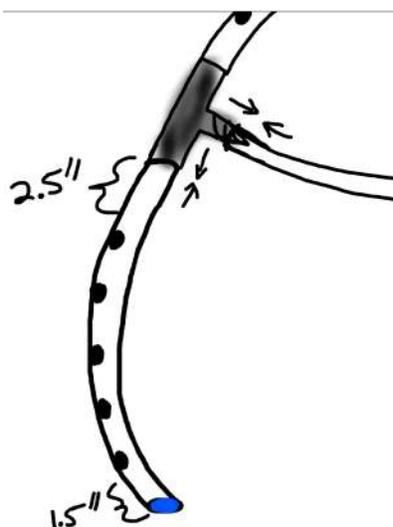


Figura 23: Croquis del tubo de goma de $\frac{1}{2}$ " que distribuye agua a cada bebedero de PVC. La imagen no está a escala.



- Conecte los tramos adecuados de tubo de espaguete de $\frac{1}{4}$ " a cada orificio de los tubos de $\frac{1}{2}$ ". Coloque el extremo opuesto de cada tubo de espaguete de $\frac{1}{4}$ " en el orificio correspondiente de las tapas del canal de PVC (consulte Figura 24).

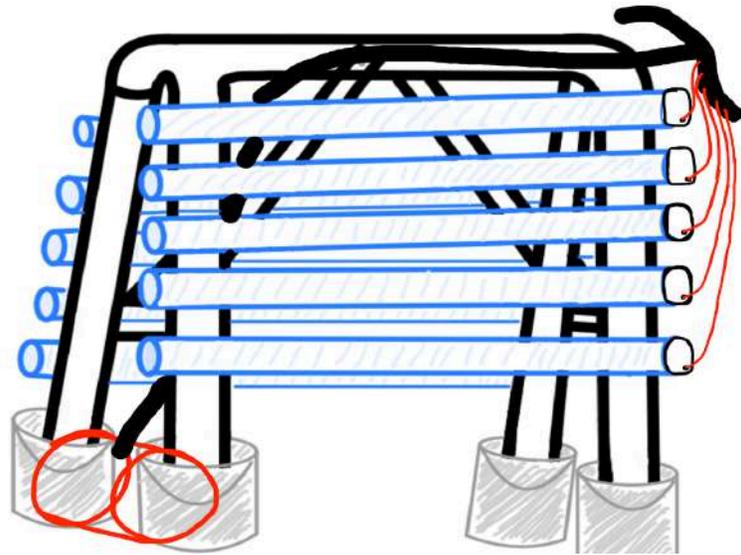


Figura 24: Croquis de los tubos de espaguete unidos a sus correspondientes comederos. La imagen no está a escala.

- Inserte una tapa o una canica en el extremo del tubo de $\frac{1}{2}$ " para sellar la "T" y forzar que toda el agua baje por los tubos de espaguete de $\frac{1}{4}$ ".
- Conecte los tramos apropiados de tubos de goma de $\frac{1}{2}$ " a cada orificio de $\frac{1}{2}$ " en las tapas de PVC, luego sujete los tubos con cremallera y coloque los extremos abiertos en el tanque (consulte Figura 25 Configuración *del tanque* para más detalles).

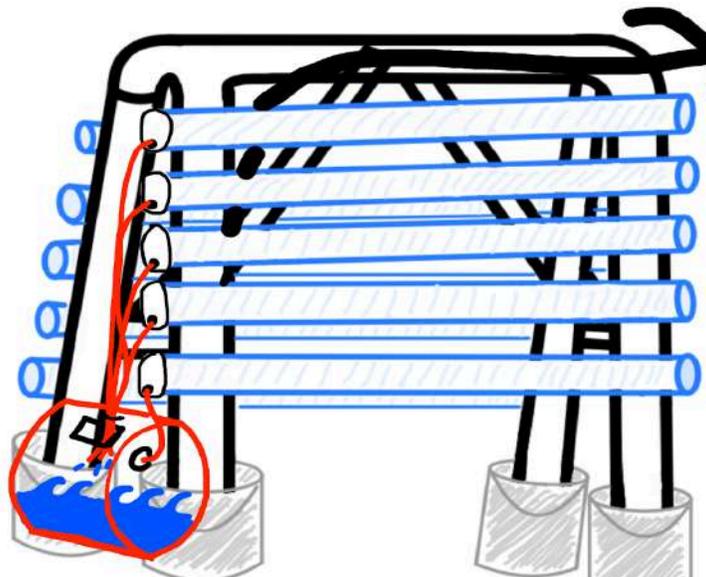


Figura 25: Croquis de tubos de caucho de $\frac{1}{2}$ " acoplados a sus correspondientes bebederos y desembocando en el tanque. La imagen no está a escala.

Configuración del Tanque

El tanque es un tambor azul de 55 galones que es seguro para contener agua potable. El tanque se colocará horizontalmente de lado entre las patas del marco en el lado de salida del hidropónico. El lado de salida utiliza tubos de $\frac{1}{2}$ " que llevarán el agua de regreso al tanque para que la bomba la reutilice.

Materiales necesarios:

- Herramientas: sierra de mano, taladro manual, broca de $\frac{1}{2}$ ", sierra perforadora de 2"
- tambor de 55 galones
- Tablón de madera o PVC de 2' por 1'
- Bloque de cemento, balde, exceso de tuberías o algún tipo de anclaje

Perforación:

- Recuerde colocar el bidón de 55 galones horizontalmente, ¡de lado!
- Utilice una broca de $\frac{1}{2}$ " y una sierra perforadora de 2" conectada a un taladro manual para crear un orificio de 2" en el costado del tambor de 55 galones cerca del tubo de salida del quinto canal (consulte Figura 26).

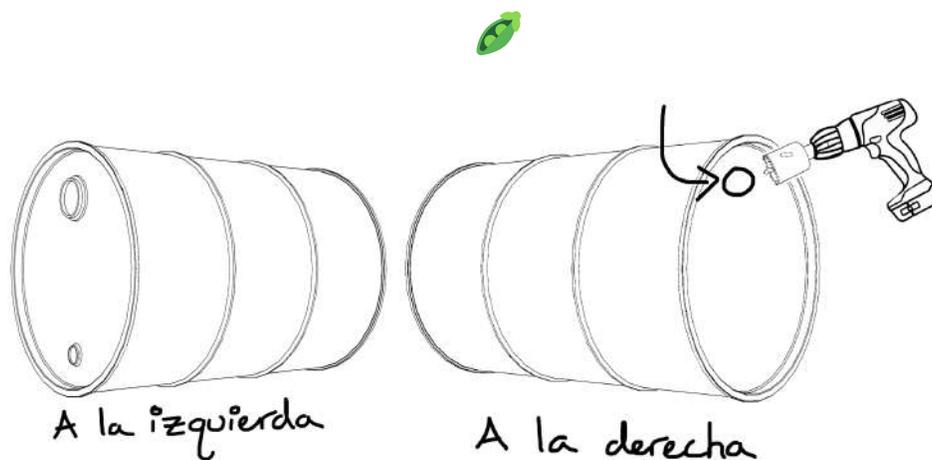
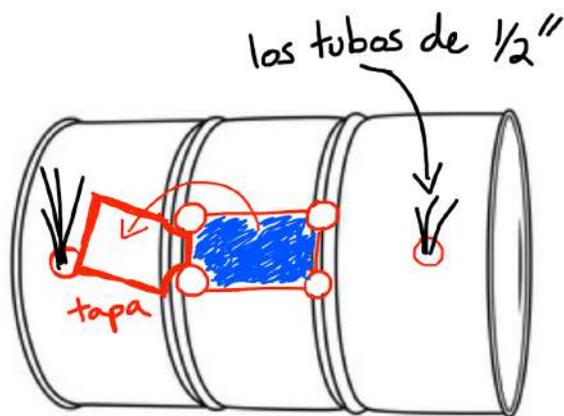


Figura 26: Bosquejo del bidón de 55 galones con un orificio de 2" perforado en el costado sin tapa. La imagen no está a escala.⁵

- Utilice una broca de ½" y una sierra perforadora de 2" conectada a un taladro manual para crear cuatro orificios de 2" en un cuadrado en la parte superior del tambor (consulte Figura 27).⁶
 - Esta se convertirá en la tapa para introducir la bomba, los nutrientes, etc.

Corte: 

- Utilice una sierra de mano o un cuchillo para cortar el plástico entre tres de los orificios de 2".
 - Deje un lado del cuadrado intacto para crear una tapa improvisada para el tanque (ver Figura 27).



→ Mirando directamente encima del tanque

Figura 27: Bosquejo del tanque de 55 galones con un cuadrado cortado perforando agujeros de 2". Los tubos de $\frac{1}{2}$ " tienen sus propios orificios, pero esto no es estrictamente necesario. La imagen no está a escala.⁵

Estabilizar:

- Coloque una tabla de PVC o madera debajo del tambor de 55 galones.
- Coloque un bloque de hormigón, un balde, un exceso de tubería u otro anclaje contra el tambor para que no pueda rodar.

Configuración del Temporizador

El temporizador mecánico Growl mide 24 horas en incrementos de 15 minutos, representados por pequeños paneles/interruptores negros que rodean el reloj. Para configurar el hidropónico para que funcione durante 15 minutos y luego se apague durante 15 minutos en un ciclo, simplemente active cada interruptor en un patrón alterno.

B) Ciclo de vida de la planta

Cronología del crecimiento proyectado del cilantro

Comience plantando semillas de cilantro en un medio adecuado, como cubos de lana de roca, asegurándose de que se mantengan húmedas y colocadas bajo suficiente iluminación. Las semillas generalmente germinan dentro de 7 a 10



días en condiciones de 65 a 70 °F con alta humedad, y desarrollan varias hojas verdaderas hacia la tercera semana. En este punto, comience a aplicar un régimen de nutrientes suave adaptado a las hierbas y ajuste la iluminación para mantenerla entre 14 y 16 horas al día para promover un crecimiento robusto.

A medida que el cilantro ingresa a la fase de crecimiento vegetativo alrededor de las semanas 5 a 6, crecerá rápidamente, lo que requerirá un control cuidadoso de los niveles de nutrientes y ajustes de pH. Esté atento a signos de plagas o deficiencias de nutrientes y trátalos de inmediato. En las semanas 7-8, las plantas madurarán y estarán listas para la cosecha. Si nota signos de desprendimiento, es mejor cosechar inmediatamente; de lo contrario, puedes cosechar selectivamente las hojas exteriores para prolongar la productividad de la planta.

Mantenimiento (control de pH, minerales, control de plagas, etc.)

Verifique periódicamente el pH de la solución nutritiva con un medidor de pH, manteniendo un rango de 5,5 a 6,5 para optimizar la absorción de nutrientes. Utilice un CE medidor para controlar la concentración de nutrientes, apuntando a un nivel de CE entre 1,2 y 1,8, y ajuste la mezcla de nutrientes semanalmente, asegurándose de que incluya elementos esenciales como nitrógeno, magnesio, potasio y calcio.

El control de plagas es crucial; Inspeccione las plantas con frecuencia en busca de signos de plagas como pulgones y arañas rojas, y utilice métodos orgánicos como jabón insecticida o aceite de neem para el tratamiento. Asegure una buena circulación de aire y evite el exceso de humedad en el follaje para prevenir enfermedades fúngicas. Además, limpie y esterilice el sistema hidropónico entre ciclos de crecimiento para eliminar enfermedades y acumulación de minerales, reemplazando toda el agua y los nutrientes periódicamente para mantener un ambiente fresco para las plantas.

Trasplante y Cosecha de Cilantro

Cuando las plántulas de cilantro desarrollen 2 o 3 hojas verdaderas, deben trasplantarse con cuidado a su sistema hidropónico final. Un manejo suave es



fundamental durante el trasplante para evitar dañar las delicadas raíces, lo que podría estresar las plantas e inhibir su crecimiento.

La cosecha comienza cuando el cilantro alcanza entre 3 y 4 pulgadas de altura. Es mejor cosechar las hojas exteriores primero, permitiendo que las interiores maduren más, lo que promueve un crecimiento continuo. La cosecha frecuente, idealmente sin eliminar más de un tercio de la planta a la vez, ayuda a evitar que la planta se desprenda y mantiene una producción constante de hojas frescas. Cosechar antes de que florezca la planta garantiza que las hojas conserven su sabor y sean más aromáticas.

C) Otras Consideraciones

Salud y seguridad

Especialmente durante el período de construcción de jardines hidropónicos, hay una serie de normas de seguridad que se deben seguir y tener en cuenta.

Manejo de materiales de PVC en hidroponía:

Cuando se trabaja con tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) en sistemas hidropónicos, es esencial considerar los riesgos para la salud asociados con las virutas de PVC. Cortar o lijar PVC puede producir polvo fino y virutas que presentan riesgos respiratorios si se inhalan, provocando irritación de la nariz, la garganta y los pulmones. La exposición prolongada podría provocar problemas respiratorios más graves.

Para mitigar estos riesgos, use siempre equipo de protección, como una máscara contra el polvo o un respirador, y trabaje en un área bien ventilada para garantizar que las partículas de PVC se dispersen de manera eficiente. Una vez finalizado el trabajo, limpie a fondo el área para eliminar todos los residuos de PVC y lávese las manos para evitar el contacto de la piel con estas partículas.²





Uso de herramientas eléctricas (taladros manuales y sierras):

Los taladros manuales y las sierras se utilizan comúnmente en la construcción de sistemas hidropónicos, pero conlleva riesgos como cortes, abrasiones y lesiones oculares debido a los escombros voladores. Para protegerse contra estos peligros, es fundamental usar siempre gafas de seguridad o una máscara facial durante la operación. 

Asegúrese de que todas las herramientas estén en buenas condiciones de funcionamiento y de que esté debidamente capacitado para utilizarlas. Asegure los materiales firmemente antes de comenzar cualquier corte o perforación para evitar movimientos que puedan causar accidentes. El uso de guantes también puede ayudar a absorber las vibraciones y proteger las manos de lesiones al utilizar estas herramientas eléctricas.² 

Seguridad general del sistema hidropónico:

La gestión de un sistema hidropónico implica una manipulación cuidadosa de los productos químicos y garantizar la seguridad eléctrica debido a la proximidad del agua y la electricidad. Cuando trabaje con nutrientes hidropónicos y ajustadores de pH, que pueden ser corrosivos o tóxicos, use ropa protectora adecuada como guantes, delantales y protección para los ojos. Guarde los productos químicos en un lugar fresco y seco en recipientes sellados y debidamente etiquetados para evitar la ingestión o el contacto accidental.  

Las instalaciones eléctricas deben ser manipuladas por profesionales cualificados y protegidas contra la exposición al agua. Utilice tomacorrientes GFCI (interruptor de circuito de falla a tierra) para evitar riesgos de descarga eléctrica. Mantenga el área de hidroponía bien iluminada, ordenada y libre de obstrucciones para evitar accidentes como tropezones y caídas, garantizando un ambiente de trabajo seguro y eficiente.²



D) Alternativas de diseño

Toldo

Un toldo es una gran alternativa al techo de una tienda de campaña. Los toldos son una lámina de algún material estirada a lo largo de un marco que sirve para proteger de la lluvia, el sol y otros factores ambientales.

El plástico transparente o una lona serían materiales adecuados para extenderlos sobre el marco del toldo. El toldo necesitaría una base sólida en la pared para poder sostenerse.

Estructura de la tabla

En este diseño, la mesa soporta bandejas o canales llenos de un sustrato de cultivo sin suelo, donde se colocan las plantas. Una bomba hace circular una solución rica en nutrientes hasta las raíces de las plantas desde un depósito situado debajo o al lado de la mesa. La solución se puede recircular, minimizando el desperdicio. Las piedras difusoras colocadas en el depósito garantizan que el agua siga siendo rica en oxígeno, lo cual es fundamental para el desarrollo saludable de las raíces. El sistema se puede automatizar mediante temporizadores para regular los ciclos de agua y luz, lo que lo hace eficiente y sencillo de administrar.

Pros y contras de la hidroponía con estructura de mesa:

Ventajas:

- El diseño de la estructura de la mesa maximiza la densidad de plantas y el rendimiento por pie cuadrado, lo que la convierte en una opción eficiente para una alta producción.
- Fácil acceso a las plantas para mantenimiento y cosecha, ya que se elevan a una altura conveniente.
- El agua y nutrientes eficientes diseño que recircula la solución, reduciendo el consumo general y el desperdicio.

Contras:

- La configuración inicial de un sistema hidropónico con estructura de mesa puede ser costosa, especialmente si se opta por materiales duraderos como el metal y controles automatizados.

- La dependencia de la electricidad para las bombas y los sistemas de iluminación introduce vulnerabilidad durante los cortes de energía y aumenta los costos operativos.
- Este diseño generalmente requiere un mayor espacio disponible.

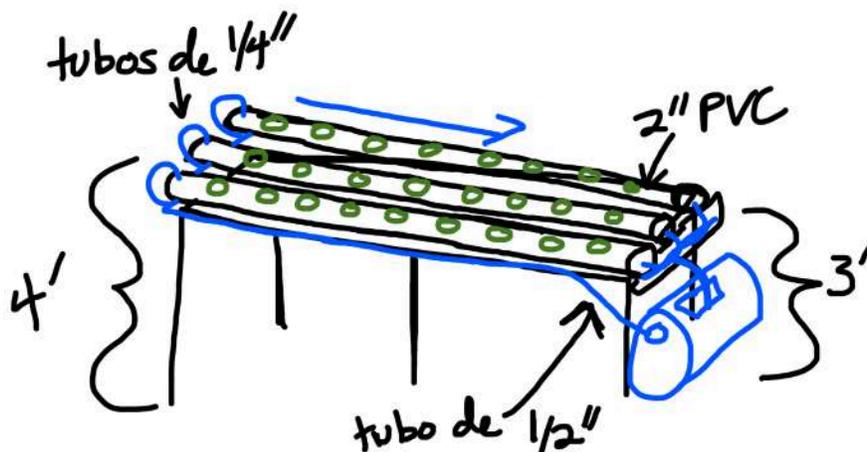


Figura 28: Boceto del diseño de la mesa hidropónica. La imagen no está a escala.

Estructura piramidal

La estructura piramidal consiste en colocar tubos de PVC en un cuadrado que tiene vigas de soporte de madera o PVC para sostener niveles más altos de tubos. Estos tubos sostienen las plantas en agujeros que estarían separados por 5 pulgadas, y el agua puede fluir hacia abajo en forma de espiral cuadrada (ver Figura 29).

Un tanque y una bomba se ubicarían debajo del centro de la pirámide, ya que el PVC estaría elevado sobre vigas. Un tubo de goma conectado a la bomba de agua lleva el agua a una viga de soporte central, donde el tubo se abre hacia el canal de PVC más alto. En la base de la pirámide, un codo con un canal devuelve el agua al tanque para su reutilización. Si bien este diseño aún no se ha construido, tiene el potencial de cultivar plantas en espacios pequeños o en hogares, ya que el diseño es del tamaño de una pequeña mesa de café.

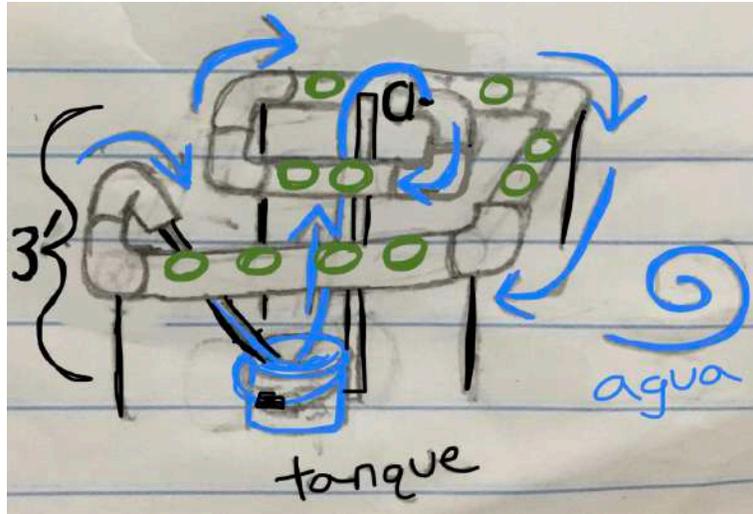


Figura 29: Boceto de diseño hidropónico piramidal elaborado con postes de PVC de 2" y 1 ½" de PVC. La imagen no está a escala.



Fuentes:

- 1) Más de 1.900 ilustraciones, gráficos vectoriales y clip art de stock sobre Hidroponía—iStock | Granja hidropónica, Hidroponía doméstica, Plantas hidropónicas. (Dakota del Norte.). Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://www.istockphoto.com/ilustraciones/hidroponia>
- 2) Proyectos de Construcción con Tubería de PVC. (Dakota del Norte.). FORMATO. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://formufit.com/pages/proyectos-de-construccion-con-tuberia-de-pvc>
- 3) *Técnica de flujo profundo (DFT): granjas en contenedores de Pure Greens*. Pure Greens: granjas de contenedores personalizados. (2023, 14 de julio). <https://puregreensaz.com/blog/deep-flow-technique-dft/>
- 4) Broca Ilustraciones De Stock - 4,171 Broca Ilustraciones, imágenes y vectores de stock (Dakota del Norte.). Tiempo de sueños. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://www.dreamstime.com/ilustracion/drill-bit.html>
- 5) Latas de tambor. (Dakota del Norte.). ACTIVOS DE CLIP STUDIO. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://assets.clip-studio.com/en-us/detail?id=2011827>
- 6) Cómo agrandar un agujero con una sierra perforadora Fine Homebuilding: tienda en línea. (Dakota del Norte.). Recuperado el 27 de abril de 2024 de https://pengoodet.live/product_details/73611698.html
- 7) Imágenes de iconos de tambores de petróleo: busque 15.216 fotografías, vectores y vídeos de stock. (Dakota del Norte.). Adobe Stock. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://stock.adobe.com/search?k=oil+drum+icon>
- 8) Tapa de presión de PVC (Cat No. 6). (Dakota del Norte.). Tecnología de la Tierra y el Agua. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://shop.landwater.com.au/products/pvc-cap-cat-no-6>
- 9) Imágenes aisladas de tuberías de PVC: busque 28.443 fotografías, vectores y vídeos de stock. (Dakota del Norte.). Adobe Stock. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://stock.adobe.com/search/images?k=pvc+tuberia+aislada>
- 10) Resh, HM (2012). Producción de alimentos hidropónicos: una guía definitiva para el jardinero doméstico avanzado y el cultivador hidropónico comercial. En *Producción de alimentos hidropónicos*. Grupo Taylor y Francis.
- 11) ¿Qué es la fotosíntesis? (Dakota del Norte.). Centelleo. Recuperado el 27 de abril de 2024 de <https://www.twinkl.com.sg/parenting-wiki/fotosintesis>
- 12) www.facebook.com/nosoilsolutions. (2023, 6 de octubre). *7 tipos diferentes de sistemas hidropónicos*. NoSoilSolutions. <https://www.nosoilsolutions.com/6-diferentes-tipos-hidroponicos/>
- 13) 39,924 íconos de seguridad en el sitio de construcción, fotografías e imágenes de archivo libres de derechos. Shutterstock. (n.d.). <https://www.shutterstock.com/search/construction-site-safety-icons>
- 14) Resh, H (1997). *Hydroponic Food Production*. Santa Barbara, California: Woodbridge Press Publishing Company.