

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ALTERNATIVA DE DISEÑO DE SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL PARA EL
CULTIVO EN ESPACIOS REDUCIDOS**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en FABRICACIÓN Y DISEÑO
INDUSTRIAL con Licenciatura en Ingeniería
en fabricación y diseño industrial.

Alumno:
María Ignacia Letelier Pizarro
Profesor Guía:
Mario Salinas Psijas

2024

RESUMEN

KEYWORDS: AGRICULTURA VERTICAL - CULTIVO MODULAR -
TECNOLOGÍA NFT - EFICIENCIA HÍDRICA - SISTEMA HIDROPÓNICO.

El proyecto propone un sistema de cultivo vertical modular como solución innovadora para la agricultura urbana, optimizando el uso del espacio y recursos hídricos en entornos densamente poblados. La estructura es adaptable y fácil de montar, permitiendo personalizar configuraciones según las necesidades. Los módulos están fabricados con materiales duraderos y cuentan con depósitos de agua, cestas para plantas y un sistema de bombeo para distribuir los nutrientes. El diseño mejora la eficiencia en el uso del agua y reduce la dependencia de alimentos importados. El análisis muestra buena aceptación y viabilidad económica.

En el primer capítulo se analiza el consumo de vegetales en Valparaíso y los desafíos que enfrenta la agricultura urbana, como la falta de espacio y el uso intensivo de agua. Se presenta la colaboración con la empresa Agrícola Los Arrayenes, quienes aportaron datos sobre el consumo de agua en el cultivo de tomates. A través de un análisis FODA, se identifican fortalezas y oportunidades del sistema propuesto, como la eficiencia en el uso del agua y la demanda creciente de alimentos frescos.

El capítulo dos aborda el diseño y fabricación de un sistema hidropónico vertical. Se desarrollaron varios diseños, realizando distintas modificaciones para optimizar el proceso de fabricación y funcionalidad del sistema, acompañadas de cálculos precisos para determinar el volumen de agua necesario, la presión adecuada para el riego y el flujo eficiente dentro del sistema. Posteriormente, se seleccionaron los materiales adecuados para garantizar la durabilidad del sistema. Finalmente, se fabricó un prototipo para así asegurar que sus funciones cumplieran con los objetivos propuestos.

Ya para el último capítulo, incluye un estudio de mercado para identificar el segmento objetivo y evaluar la demanda del sistema hidropónico. Se realizó un estudio de costos de fabricación, abarcando los costos de materia prima, mano de obra y maquinaria para determinar el costo por unidad. A partir de estos datos, se desarrolló un flujo de caja proyectado para evaluar la viabilidad del producto a nivel masivo. El análisis proporciona una visión completa de los márgenes de ganancia y la rentabilidad del proyecto en distintos escenarios de producción y venta.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>ANTECEDENTES DEL PROYECTO</u>	4
1.1.1 <u>URBANIZACIÓN VERTICAL</u>	4
1.1.2 <u>FALTA DE ESPACIO</u>	6
1.1.3 <u>DESAFÍOS EN LA ACCESIBILIDAD A VEGETALES</u>	7
1.1.4 <u>CONTAMINACIÓN Y GASTOS DEL TRANSPORTE DE PRODUCTOS AGRICOLAS</u>	7
1.1.5 <u>SISTEMAS HIDROPÓNICOS</u>	8
1.2 <u>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</u>	10
1.3 <u>CONTEXTO DEL PROBLEMA</u>	13
1.4 <u>ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA</u>	13
1.4.1 <u>FORTALEZAS</u>	14
1.4.2 <u>OPORTUNIDADES</u>	15
1.4.3 <u>DEBILIDADES</u>	15
1.4.4 <u>AMENAZAS</u>	15
1.5 <u>COMPRENSIÓN DEL MERCADO</u>	16
1.6 <u>DIMENSIÓN TECNOLÓGICA</u>	17
1.7 <u>DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO</u>	18
1.7.1 <u>OBJETIVO GENERAL</u>	18
1.7.2 <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	18
2.1. <u>DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO</u>	21
2.2. <u>COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS</u>	22
2.3. <u>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS</u>	23
2.4. <u>DESARROLLO DE COMPONENTES</u>	29
2.5 <u>DISEÑO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL</u>	32
2.7 <u>PROCESO DE PROTOTIPADO</u>	43
3.1 <u>EVALUACIÓN DE MERCADO OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO</u>	60
3.2 <u>EVALUACIÓN FINANCIERA PARA ESTABLCEER LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO</u>	63
3.2.1 <u>ESTUDIO DE COSTOS POR UNIDAD</u>	63
3.2.1.1 <u>MATERIA PRIMA</u>	63
3.2.1.2 <u>HORA HOMBRE</u>	64
3.2.1.3 <u>HORA MÁQUINA</u>	64
3.2.2 <u>VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE FABRICACIÓN Y VENTA DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL</u>	65
3.2.2.1 <u>INGRESOS</u>	65
3.2.2.3 <u>INVERSIÓN INICIAL</u>	67
3.2.2.4 <u>CAPITAL DE TRABAJO</u>	68
3.2.2.5 <u>CRÉDITO BANCARIO</u>	68
3.2.2.6 <u>FINANCIAMIENTO Y COSTO DE CAPITAL</u>	69
3.2.2.7 <u>COSTO CAPITAL DEL INVERSIONISTA K_e; CAPM</u>	70

3.2.2.8 COSTO PROMEDIO PONDERADO K_0 ; WACC 71

3.2.3 EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO 71

3.2.3.1 PROYECCIÓN DE FLUJOS DE CAJA 71

3.2.3.2 EVALUACIÓN DE FLUJOS DE CAJA (VAN) 72

CONCLUSIÓN 73

RECOMENDACIONES 74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1. TIPOS DE SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO.....	9
FIGURA 2-1. FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL CON TÉCNICA NFT.....	22
FIGURA 2-2. DIAGRAMA DE SISTEMA PARA CÁLCULOS.....	23
FIGURA 2-4. VERSIÓN N°1 ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL.....	30
FIGURA 2-5. VERSION N°1 COMPONENTES.....	30
FIGURA 2-6. VERSION N°1 COMPONENTES.....	31
FIGURA 2-7. VERSION N°1 COMPONENTES.....	31
FIGURA 2-8. VERSION N°1 COMPONENTES.....	32
FIGURA 2-9. VERSION FINAL SISTEMA.	33
FIGURA 2-10. VERSION FINAL COMPONENTES.....	34
FIGURA 2-11. VERSION FINAL ACOPLE.....	34
FIGURA 2-12. VERSION FINAL ANILLOS.....	35
FIGURA 2-13. VERSION FINAL ANILLOS.	35
FIGURA 2-14. VERSION FINAL ANILLOS.	36
FIGURA 2-15. VERSION FINAL TAPA.	36
FIGURA 2-16. VERSION FINAL CESTA.	37
FIGURA 2-17. VERSION FINAL MÓDULO.....	37
FIGURA 2-18. VERSION FINAL REJILLA DE DRENAJE.	38
FIGURA 2-19. VERSION FINAL REJILLA DE DRENAJE.	38
FIGURA 2-2. PLANOS DE CONJUNTO SISTEMA.	40
FIGURA 2-21. PLANO GENERAL SISTEMA.....	40
FIGURA 2-22. PLANOS DE FABRICACIÓN MÓDULO.....	40
FIGURA 2-23. PLANO DE FABRICACIÓN REJILLA.	41
FIGURA 2-24. PLANO DE FABRICACIÓN TAPA.	41
FIGURA 2-25. PLANO DE FABRICACIÓN ESTANQUE.	42
FIGURA 2-26. PLANO DE FABRICACIÓN ANILLO INTERIOR.	42
FIGURA 2-27. PLANO DE FABRICACIÓN BRAZOS DE SUJECIÓN.	43
FIGURA 2-28. PLANO DE FABRICACIÓN ANILLO EXTERIOR.	43
FIGURA 2-29. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE DE ESTANQUE.	44
FIGURA 2-30. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CUADERNAS.....	45
FIGURA 2-31. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CUADERNA FINAL.	45
FIGURA 2-32. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE PROTOTIPADO.	46
FIGURA 2-33. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE DE ESTANQUE EN PROCESO.	46
FIGURA 2-34. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE PROTOTIPADO.	47
FIGURA 2-35. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE FINAL ESTANQUE.	47
FIGURA 2-36. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE FINAL DE ESTANQUE.	48
FIGURA 2-37. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE GELCOAT.	48
FIGURA 2-38. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE FIBRA DE VIDRIO...	49
FIGURA 2-39. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CORTE POR WATERJET.	49
FIGURA 2-40. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE MÓDULOS.	50

FIGURA 2-41. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SOPORTE DE ANILLOS.	50
FIGURA 2-42. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE UNIÓN DE MOLDES.....	51
FIGURA 2-43. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO DE CUADERNAS. ...	51
FIGURA 2-44. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO DE MÓDULOS.....	52
FIGURA 2-45. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO.	52
FIGURA 2-46. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO FINAL.	52
FIGURA 2-47. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SIERRA COPA.	53
FIGURA 2-48. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE AGUJEROS.	53
FIGURA 2-49. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROTOTIPO.	53
FIGURA 2-50. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENMASILLADO Y LIJADO.	54
FIGURA 2-51. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE APAREJO.	54
FIGURA 2-52. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CESTAS.....	55
FIGURA 2-53. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SOPORTES.	55
FIGURA 2-54. DISEÑO ACTUALIZADO SOPORTES.....	56
FIGURA 2-55. PLANO DE FABRICACIÓN GANCHO.	56
FIGURA 2-56. REGISTRO FOTOGRÁFICO SISTEMA INTERIOR.....	57
FIGURA 2-57. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISEÑO PROTOTIPO FINALIZADO.	

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-3. CONSUMO DE AGUA POR FECHA DE CULTIVO..... 12

GRÁFICO 1-4. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES..... 16

GRÁFICO 1-5. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES. 17

GRÁFICO 1-6. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES..... 17

GRÁFICO 3-1. ENCUESTA SEGMENTO. 60

GRÁFICO 3-2. ENCUESTA SEGMENTO. 61

GRÁFICO 3-3. ENCUESTA SEGMENTO. 61

GRÁFICO 3-4. ENCUESTA SEGMENTO. 61

GRÁFICO 3-5. ENCUESTA SEGMENTO. 62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1. CONSUMO DE AGUA POR FECHA DE CULTIVO..... 11

TABLA 1-2. MATRIZ FODA. 14

TABLA 2-3 TABLA COMPARATIVA TIPOS DE TORRE. 28

TABLA 2-4 TABLA COMPARATIVA DE BOMBAS..... 28

TABLA 2-5 TABLA COMPARATIVA DE PLÁSTICOS..... 29

TABLA 3-1 DISTRIBUCIÓN DE LAS VIVIENDAS SEGÚN SU TIPO Y SECTORES DE LA
COMUNA DE VIÑA DEL MAR. 62

TABLA 3-2 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER. 64

TABLA 3-3 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER. 64

TABLA 3-4 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER. 65

TABLA 3-5 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER. 66

TABLA 3-6 DETALLE DE COSTO DE VENTA..... 66

TABLA 3-7 DETALLE DE COSTO DE VENTA..... 66

TABLA 3-8 DETALLE DE COSTO DE VENTA..... 67

TABLA 3-9 DETALLE DE COSTO DE VENTA..... 67

TABLA 3-10 DETALLE DE GASTOS ADMINISTRATIVOS. 67

TABLA 3-11 INVERSIÓN INICIAL..... 68

TABLA 3-12 PRÉSTAMO A 3 AÑOS. 69

TABLA 3-13 PROYECCION DE FLUJOS DE CAJA 72

TABLA 3-14 CALCULO VAN 72

ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 2.1: de Volumen para conocer capacidad del estanque $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ 24

Fórmula 2-2: Potencia Teórica de Bomba Hidráulica $P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_b$ 24

Fórmula 2-3: de Bernoulli 24

Fórmula 2.4: Presión de Columna de Agua o Presión Hidroestática 25

Fórmula 3-1 $k_e = R_f + \beta \times R_m - R_f$ 70

Fórmula 3-2 $WACC = k_d \times 1 - t \times DD + E + k_e \times ED + E$ 70

Fórmula 3-3 CAPM = $R_m - R_f$ 70

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

pH: Potencial de Hidrógeno

IPC: Índice de Precios al Consumidor

CO: Monóxido de Carbono

NOx: Óxido de Nitrógeno

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

SO₂: Dióxido de Azufre

NFT: Nutrient Film Technique (Técnica de la película de nutriente)

PVC: Policloruro de Vinilo

FODA: Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas

DWC: Deep Walter Culture

ABS: Acrilonitrilo Butadieno Estireno

PP: Polipropileno

BPA: Bisfenol A

UV: Radiación Ultravioleta

MDF: Tablero de Fibra de Densidad Media

CNC: Computer Numerical Control (Máquina Controlada por Computadora)

SiO₂: Dióxido de Silicio

CAPM: Capital Asset Pricing Model (Modelo de Valoración de Activos Financieros) (K_e)

WACC: Weighted Average Cost of Capital (Costo Promedio Ponderado de Capital) (K_o)

IPSA: Índice de Precios Selectivo de Acciones

CIF: Costo Indirecto de Fabricación

R_f : Risk Free (Tasa Libre de Riesgo)

R_m : Rentabilidad del Mercado

P_r : Prima de Riesgo

T: Impuestos o Tributo

VAN: Valor Actual Neto

B: Beta

E: Ingresos

D: Deuda

B. SIMBOLOGÍA

- %: Porcentaje
- Kg: Kilogramo
- g: Gramo
- s: Segundo
- mL: Mililitro
- mm: Milímetro
- Ø: Diámetro
- °: Grado
- hr: Hora
- L/hr: Litro por Hora
- \$: Peso
- Nº: Número
- Lt: Litro
- π : Pi
- r: Radio
- s³: Segundo Cúbico
- m²: Metro Cuadrado
- m³: Metro Cúbico
- m³/s: Metro Cúbico por Segundo
- m/s: Metro por segundo
- m/s²: Metro por Segundo al Cuadrado
- Kg/m³: Kilogramo por Metro Cúbico
- V: Volumen
- h: Altura
- P: Presión
- g: Gravedad
- Q: Caudal
- Hp: Horsepower (Caballo de potencia)
- Pa: Pascal (Unidad de Presión)
- W: Watt (Unidad de Potencia)
- P: Densidad
- v: Velocidad
- Pb: Potencia Teórica Bomba
- h_b: Altura Dinámica de la Bomba
- h₁: Altura inicial del flujo
- v₁: Velocidad inicial del flujo
- P1: Presión Inicial del Flujo
- h₂: Altura Final del flujo
- v₂: Velocidad Final del flujo

- P2: Presión Final del Flujo
- m: Metro
- AB: Clase Social Alta
- C1: Clase media acomodada
- C2: Clase media típica
- 3D: Tres Dimensiones
- Ke: Tasa de Retorno requerida de los Accionistas (CAPM)
- Ko: Tasa de Retorno requerida de los Accionistas
- Kd: Tasa de Interés de la Deuda
- PE: Precio Equidad
- PV: Precio Venta
- Q: Cantidad
- CV: Costo Venta
- GG: Gastos Generales

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo los gustos, intereses y hábitos de las personas han cambiado, inclinándose hacia estilos de vida más naturales y saludables. Estos se mantienen a través de sistemas autosustentables y economías circulares, que favorecen el cuidado del planeta.

Por otro lado, debido al aumento en la población y migración, la sociedad se ha enfrentado a problemas que perjudican la salud de nuestro. La falta de espacio, de tierra y, sobre todo, de agua son factores cada vez más difíciles de conseguir.

Los cultivos en interiores se han convertido en una alternativa cada vez más popular y eficiente para producir alimentos en un ambiente controlado, libre de suelo y que no requiere un uso excesivo de agua como en la agricultura tradicional. Estas alternativas de cultivo también ofrecen ventajas ambientales significativas sobre los métodos agrícolas tradicionales, como el uso reducido de agua, la menor necesidad de pesticidas y otros químicos tóxicos, la reducción de la erosión del suelo y la eficiencia en el uso de recursos, disminuyendo así el impacto ambiental.

El presente estudio se enfoca en la implementación de una alternativa de aprovechamiento hídrico para el cultivo en espacios reducidos, que integra las mejores prácticas y tecnologías disponibles, de modo que pueda ser utilizada masivamente por personas en sus hogares o por empresas que ofrecen servicios de alimentación.

Los experimentos se llevarán a cabo en un ambiente controlado, utilizando diferentes tipos de cultivos y comparando el rendimiento del nuevo sistema con los sistemas de cultivo existentes. Se evaluará la calidad del producto final, la eficiencia de los recursos y la productividad de esta nueva alternativa.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En este primer capítulo se logra analizar el consumo de vegetales en Valparaíso y los desafíos que enfrenta la agricultura urbana, como la falta de espacio y el uso intensivo de agua.

Se destaca la colaboración con la empresa Agrícola Los Arrayenes, que aporta datos sobre el consumo de agua en el cultivo de tomates. A través de un análisis FODA, se identifican fortalezas y oportunidades del sistema propuesto, como la eficiencia en el uso del agua y la demanda creciente de alimentos frescos. El objetivo es diseñar un sistema de cultivo en interiores que responda a las limitaciones de espacio y recursos, promoviendo una producción sostenible.

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Los antecedentes que se presentarán tienen como objetivo contextualizar el tema a investigar, abordando antecedentes teóricos y de campo, para proporcionar una revisión exhaustiva del proyecto y lograr entender el entorno del estudio a desarrollar.

El trabajo se centra en el cultivo y la agricultura en zonas urbanas con espacios reducidos, fomentando la autonomía, el ahorro de espacio y de agua para diversas necesidades.

1.1.1 URBANIZACIÓN VERTICAL

El proceso de urbanización y crecimientos en las áreas metropolitanas en Chile se ha vuelto más frecuente en este último tiempo, como respuesta a la necesidad de alojamiento en zonas densamente pobladas.

A medida que la población urbana crece, particularmente en Santiago, Valparaíso y Concepción, ha habido una mayor demanda de áreas más compactas y cercanas a centros de trabajo y servicios. Esto ha llevado al aumento en las edificaciones en altura en lugar de casas, marcando el comienzo de la masificación de edificios en el país.

Uno de los efectos más notables, es la falta de espacio en las ciudades debido a las edificaciones, el incremento de la densidad poblacional, ha generado una alta demanda de viviendas y consecuentemente a un aumento en la construcción de edificios en altura, como se indica en el gráfico 1-1.



Fuente: Informe “MACH 55 Macroeconomía y construcción, diciembre 2020, Cámara Chilena de la Construcción”

GRÁFICO 1-1. OFERTA DE DEPARTAMENTOS VS CASAS.

Además de observar velocidades de venta en el mercado inmobiliario, el estudio proporciona que en el tercer trimestre hay una mayor actividad de venta en el segmento de departamentos en comparación con el segmento de casas.

Según el informe “MACH 55 Macroeconomía y construcción” de diciembre de 2020 de la Cámara Chilena de la Construcción, hubo una reducción considerable en la velocidad de venta de departamentos en comparación con el trimestre previo (48,5 meses), pero se observa un repunte en la demanda posterior a esta fecha.

El tiempo necesario para agotar la oferta es más corto para estas viviendas reducidas (25,7 meses) que para casas (10,3 meses), lo que sugiere que los departamentos se venden a un ritmo más rápido que las casas en el mercado inmobiliario actual.

Otro de los desafíos a considerar es la disminución de espacio dentro de los edificios. Existe una tendencia a construir edificaciones más compactas, y los espacios interiores se han reducido considerablemente en comparación con la década pasada. Esto afecta la calidad de vida de los residentes al limitar la comodidad y funcionalidad de los espacios habitables.

Además de ser un problema la falta de espacio dentro del hogar, la falta de áreas verdes dentro de estas construcciones también es uno de los principales problemas. Se ha observado recientemente que edificios o condominios cada vez reducen más sus zonas verdes, ya que estas edificaciones modernas se centran en maximizar el espacio habitable,

es decir, más departamentos y menos jardines o patios. Es importante tener en cuenta que, a menudo, incluso cuando se reservan áreas verdes, no está permitido el cultivo.

1.1.2 FALTA DE ESPACIO

Los espacios cerrados o las áreas con limitaciones de espacio pueden afectar significativamente el crecimiento y la producción de plantas, sin importar su ubicación, requiriendo la creación e implementación de nuevos sistemas de cultivo, que permitan optimizar tanto el espacio, el acceso y disponibilidad de agua y luz.

Por otra parte, además de requerir espacio horizontal, se debe tener presente que es necesario considerar un espacio vertical que brinde espacio suficiente para las raíces y permita un crecimiento adecuado de los cultivos. En algunas alternativas utilizadas, como los huertos y sistemas hidropónicos, las plantas crecen rápidamente por lo que es necesario asegurar que no se encuentren obstáculos que puedan limitar su desarrollo y competencia por espacio, nutrientes y ventilación adecuada y necesaria.

La falta de ventilación, no permite que la planta acceda a una buena calidad de aire, lo que podría resultar en un exceso de humedad y un mayor riesgo de enfermedades, las que se verán agravadas por la dificultad al acceso para el mantenimiento y su correspondiente tratamiento.

Para entender más esta ausencia, es necesario dimensionar el espacio ocupado por las plantas. En un cultivo tradicional en suelo, generalmente se pueden plantar entre 2 a 3 plantas de tomate por m^2 . Este número varía según la variedad de tomate y las prácticas agrícolas, como el uso de espalderas o enrejados para apoyar las plantas y optimizar el espacio. Huertolia, 2023.

Por otro lado, en un sistema hidropónico convencional, se puede cultivar aproximadamente 4 a 6 plantas de tomate por m^2 , debido a un control más preciso del entorno de crecimiento, como la disponibilidad de nutrientes y la calidad del agua. Whyfarmit, 2023.

En un sistema hidropónico vertical, la cantidad de plantas por m^2 aumenta significativamente. Dependiendo del diseño específico del sistema, se pueden cultivar entre 8 y 16 plantas por m^2 . Este incremento se debe a la capacidad de utilizar espacio vertical, permitiendo más niveles de cultivo en el mismo espacio horizontal. Agrotonomy, 2024.

Para contextualizar aún más las limitaciones de espacio, es importante considerar las dimensiones típicas de un departamento. Un departamento promedio de dos habitaciones en Chile, tiene un tamaño entre 50 y 70 m^2 , este espacio se distribuye

entre diferentes áreas como dormitorios, cocina, baño y áreas comunes, dejando un espacio reducido para otras funciones. Meganoticias, 2020.

En muchos casos, después de asignar espacio para las necesidades básicas, el área libre que podría destinarse para un sistema dentro de un departamento de estas dimensiones varía entre 5 y 10 m^2 , lo cual incluye áreas como balcones, esquinas de habitaciones o espacios inutilizados.

1.1.3 DESAFÍOS EN LA ACCESIBILIDAD A VEGETALES

El consumo de vegetales siempre ha sido una parte importante y necesaria de una alimentación equilibrada y saludable. Los vegetales son una fuente crucial de vitaminas, minerales, fibras y antioxidantes que contribuyen al funcionamiento óptimo del cuerpo humano. Sin embargo, en la actualidad, se enfrentan varios obstáculos significativos para el acceso a vegetales frescos y asequibles.

El aumento en los precios de los vegetales ha generado barreras económicas para muchas personas, especialmente para aquellos con ingresos limitados. Esta alza de precios está influenciada por diversos factores, como fluctuaciones climáticas que afectan la producción, costos de transporte y su distribución, así como la creciente demanda en un mercado globalizado.

Un claro ejemplo de esto sería el del alza del precio del tomate. En los últimos 12 meses, el tomate ha experimentado una variación en su valor de un 34,4%. El IPC correspondiente al mes de septiembre registró una inesperada variación mensual del 0,6%, acumulado en lo que va del año un 2,1%. Entre las principales alzas, se destaca el tomate con un aumento mensual del 21,8%. Davidnoticias, 2023.

La escasez de vegetales también es un problema, gran parte es debido a las condiciones climáticas extremas, desastres naturales y problemas agrícolas. Además, la urbanización y la conversión de tierras agrícolas en áreas urbanas disminuyen la disponibilidad de tierras para la agricultura.

La falta de acceso a vegetales frescos puede tener consecuencias negativas en la salud de las personas. La ingesta insuficiente de estos alimentos puede aumentar el riesgo de deficiencias nutricionales y enfermedades crónicas, como la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardíacas.

1.1.4 CONTAMINACIÓN Y GASTOS DEL TRANSPORTE DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

La contaminación ligada al transporte de productos agrícolas es significativa, ya que estos transportes requieren grandes cantidades de combustibles fósiles para cubrir

largas distancias, contribuyendo así a la emisión de gases de efecto invernaderos y la contaminación atmosférica, lo que afecta el cambio climático y la calidad del aire.

El transporte contribuye a la contaminación del agua, del aire y del suelo de varias maneras. Por ejemplo, los gases de escape de los vehículos contienen compuestos tóxicos como monóxido de carbono (CO) es formado a partir de la combustión de gasolina, óxido de nitrógeno (NOx), material particulado (MP) el cual componen el humo negro que sale por los tubos de los gases de salida del vehículo, **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) este contaminante reacciona con los Nox y con** la presencia de luz solar forman ozono a nivel del suelo, el principal ingrediente del smog, **Dióxido de azufre (SO2) los vehículos** emiten este gas cuando queman combustibles que contienen azufre.

Además, estos vehículos pueden derramar aceites y otros líquidos, contaminando las vías fluviales cercanas. La huella de carbono del transporte se refiere a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidas en el proceso de traslado de alimentos desde el lugar de origen hasta el lugar de consumo. Esta huella depende de varios factores, como la distancia, el tipo de vehículo y la cantidad de alimentos transportados. Los transportes aéreos, por ejemplo, emiten más huella de carbono debido al mayor consumo de combustible y las mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

En general este indicador ambiental es mayor cuando se transportan alimentos fuera de temporada o lejos de su lugar de origen, ya que se requiere más energía y combustible para mantener estos productos frescos por mayor tiempo.

Hay muchos factores que afectan los costos de transporte de productos agrícolas. Esto depende de las distancias, del tipo de producto, del transporte utilizado, de la temporada y de la demanda del mercado. El combustible es uno de los mayores gastos, y los precios de la gasolina pueden variar. Además, estos vehículos necesitan un mantenimiento periódico y reparaciones cuando sea necesario para garantizar un buen funcionamiento. Puede haber costos adicionales como el almacenamiento, ya que, si estos productos no se entregan a tiempo, deben ser almacenados temporalmente en instalaciones destinadas a ello.

Por lo tanto, aunque el transporte es esencial para llevar los productos desde los lugares de producción a los lugares de consumo, implica costos no solo monetarios, sino también ambientales, los cuales son significativos.

1.1.5 SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Los cultivos hidropónicos se basan en una técnica que elimina la necesidad de tierra al sustituirla por una solución de agua enriquecida con nutrientes. Esta metodología, que destaca por su bajo consumo de recursos (agua, tierra, etc), se presenta como una

alternativa más sostenible frente a la agricultura tradicional. Además, el agua utilizada en el proceso puede ser reciclada y reutilizada.

El cultivo de plantas en agua tiene sus raíces en prácticas históricas, a finales del siglo XIX con los estudios de los botánicos alemanes Jilius Von Sach y Wilhelm Knop. Hoy en día, la hidroponía se utiliza ampliamente en laboratorios y ha emergido como una técnica eficaz para producir alimentos con mayor rendimiento y menor consumo de terreno, agua y energía.

Existen diversos tipos de sistemas hidropónicos. (Ver figura 1-1).



FIGURA 1-1. TIPOS DE SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO.

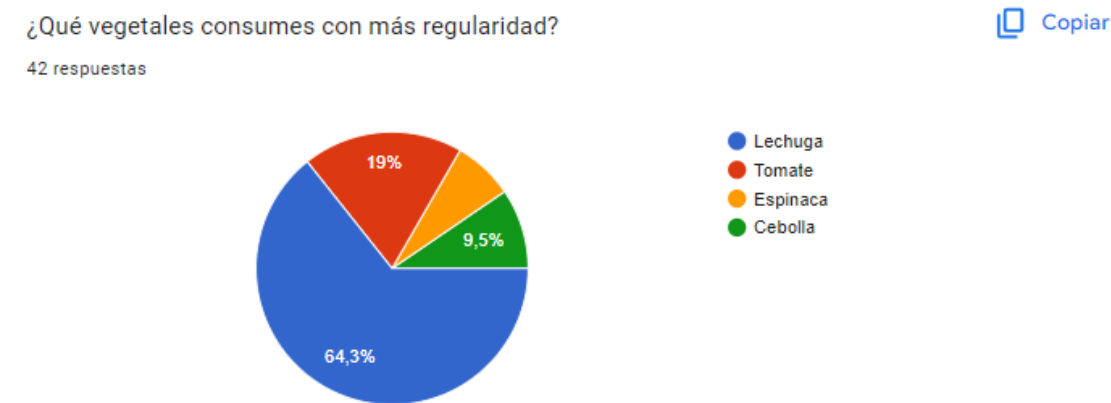
- Sistema de flujo y reflujo: Las bandejas de cultivo se inundan temporalmente con solución nutritiva, la cual luego es drenada de vuelta al depósito. Este proceso se controla mediante una comba conectada a un temporizador, que activa la bomba varias veces al día. Cuando la bomba deja de funcionar, la solución fluye de regreso al depósito.
- Aeroponía: Las raíces de las plantas están suspendidas en el aire, mientras que boquillas rocían la solución nutritiva directamente sobre ellas a intervalos determinados.
- Raíz flotante: Las plantas se colocan sobre una lámina, generalmente hecha de poliestireno extendido, que flota sobre la solución nutritiva, de manera que sus raíces están sumergidas en la solución. Una bomba de aire suministra el oxígeno necesario para el óptimo desarrollo de las raíces.

- Sistema por Goteo: En estos sistemas, la solución nutritiva es suministrada a las plantas mediante un sistema de goteo. Las plantas se colocan en contenedores como bolsas, macetas, losas o camas. El drenaje que sale del contenedor puede ser recirculado y reutilizado, lo que permite ahorrar agua y nutrientes.
- Sistema de Mecha: Un sistema hidropónico pasivo utiliza cuerdas de nylon fibroso, que se colocan alrededor de las plantas en el sustrato de cultivo, mientras que el otro extremo de las cuerdas está sumergido en el depósito de solución nutritiva. La solución asciende a las plantas por acción capilar a través de las mechas.
- Técnica de Película Nutritiva (NFT): Se basa en la creación de una película recirculante de solución nutritiva. Dado que el flujo de la solución es constante, no es necesario utilizar temporizadores, y el sistema generalmente no requiere sustrato. La solución nutritiva es bombeada desde un depósito hacia bandejas de crecimiento o tubos de PVC que contienen las plantas, donde entra en contacto con sus raíces antes de regresar al depósito.

1.2 **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En las zonas urbanas, donde la densidad de población es alta, donde hay una gran limitación de espacio y agua, la implementación de nuevos sistemas que permitan la producción de alimentos frescos y la autosuficiencia alimentaria, obliga a crear y desarrollar estrategias y soluciones prácticas que faciliten o solucionen estos requerimientos.

Según una encuesta realizada los vegetales más consumidos son la lechuga, el tomate, la zanahoria, la espinaca, la cebolla y el pepino según gráfico 1-2. Sin embargo, el tomate es uno de los cultivos que más agua consume durante su producción.



Fuente: Elaboración propia, estudio de mercado.

GRÁFICO 1-2. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES.

Según el gráfico, la mayoría de los encuestados consumen con más regularidad lechuga, el 19% consumen tomate, y la minoría consume cebolla y espinaca respectivamente.

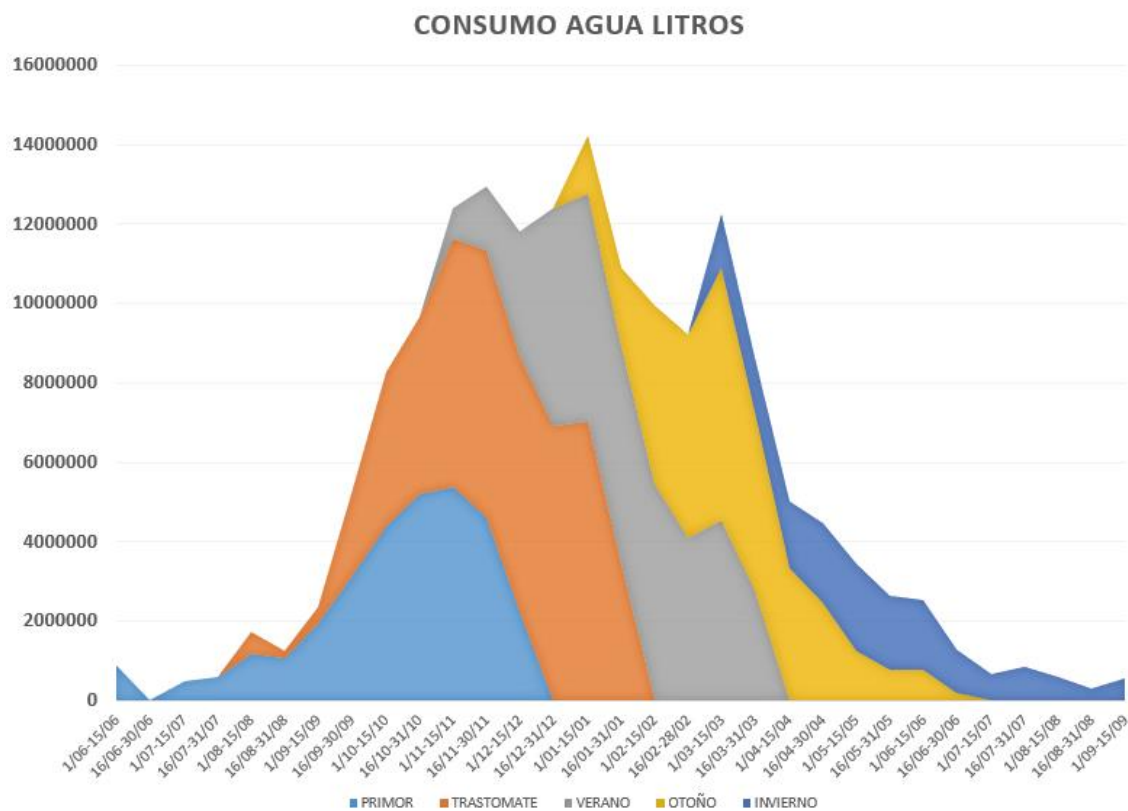
En el contexto de esta investigación, se ha obtenido información valiosa con datos proporcionados por la empresa Agrícola Los Arrayenes, especializada en la producción y cultivo de tomates. Según los registros compartidos por la empresa ha resaltado la variabilidad en el consumo de agua en función a las diferentes etapas del cultivo y las fechas de siembra, esta información provee una visión más específica sobre los requerimientos hídricos en la producción de cultivos específicos, como los tomates. Agrícola Los Arrayenes lleva a cabo cinco cultivos de tomate al año, con fechas de siembra específicas. En la siguiente tabla se observan los distintos cultivos con su fecha correspondiente de siembra, la hectárea usada por cada uno, donde cada hectárea está conformada por 14.000 plantas y los litros de agua que se utilizan por hectárea. (Ver tabla 1-1).

TABLA 1-1. CONSUMO DE AGUA POR FECHA DE CULTIVO.

CULTIVOS	Fechas cultivo	HA	LTS/HA	LTS TOTALES
PRIMOR	Junio a Diciembre	8,5	3.663.360	31.138.560
TRASTOMATE	Agosto a Enero	8,6	5.627.520	48.396.672
VERANO	Octubre a Febrero	7,3	5.345.280	39.020.544
OTOÑO	Diciembre a Mayo	7	3.847.680	26.933.760
INVIERNO	Enero a Julio	7	2.177.280	15.240.960
				160.730.496

Fuente: Empresa Agrícola Los Arrayenes.

La colaboración de esta empresa ha añadido un valor sustancial a este estudio al aportar información real y actualizada sobre el consumo de agua en la agricultura y contribuir a la comprensión más precisa de los desafíos a los que se enfrenta la producción agrícola en términos de uso eficiente del agua, según gráfico 1-3.



Fuente: Empresa Agrícola Los Arrayenes.

GRÁFICO 1-3. CONSUMO DE AGUA POR FECHA DE CULTIVO.

Es importante tener en cuenta que estos valores son solo un estimado general y que la eficiencia del uso de agua puede variar dependiendo de la región, condición específica de cultivo, clima, tipo de suelo, entre otras, ya que, este estudio está hecho en la ciudad de Limache.

La falta de espacio en zonas urbanas para la producción agrícola tradicional constituye un problema significativo. En áreas urbanas, donde el espacio es limitado, resulta complicado implementar prácticas agrícolas convencionales que requieren grandes superficies. Esta restricción espacial puede llevar a una mayor dependencia de alimentos importados, afectando la disponibilidad de productos frescos y comprometiendo su calidad.

Por otro lado, la agricultura tradicional consume grandes cantidades de agua para el riego, que representa otro desafío crucial en contextos urbanos. En ciudades donde el acceso al agua puede ser limitado, este uso intensivo de recursos hídricos crea una presión adicional sobre el suministro de agua.

En consecuencia, estos problemas combinados afectan la capacidad para lograr el autoabastecimiento de vegetales en las ciudades. La falta de soluciones adecuadas para manejar las limitaciones de espacio y el uso ineficiente del agua puede tener como resultado el acceso a alimentos frescos y sostenibles, comprometiendo la seguridad alimentaria y aumentando la dependencia de alimentos importados.

1.3 CONTEXTO DEL PROBLEMA

En el ámbito de la agricultura sostenible, existen diversas restricciones y obligaciones, tanto ambientales como legales, que deben ser consideradas a nivel global. La necesidad de producir alimentos y vegetales de manera sostenible y eficiente es un desafío común a todos los países, aunque algunos enfrentan mayores dificultades debido a factores como la escasez de agua, la inestabilidad económica y la falta de recursos para invertir en nuevas tecnologías.

El crecimiento de la población mundial ha incrementado la demanda de alimentos, lo cual exige encontrar métodos sostenibles de producción para satisfacer esta demanda creciente y garantizar la seguridad alimentario a largo plazo.

En este contexto, las obligaciones legales son cruciales, especialmente en regiones donde el agua es escasa y se requiere una gestión cuidadosa en los recursos hídricos. En Chile existen diversas leyes que regulan el uso y gestión del agua en la agricultura, tales como:

-Ley de Fomento a la Agricultura Orgánica: Establece los criterios y requisitos para la producción orgánica, incluyendo las condiciones que deben cumplir los insumos utilizados, los sistemas de producción, el manejo de residuos y la certificación de productos.

-Norma de Calidad para Agua de Riego: Define los criterios de calidad para el agua de riego, incluyendo niveles máximos permitidos de sólidos disueltos, metales pesados, microorganismos y otros contaminantes.

-Reglamento de Uso de Plaguicidas: Regula el uso de plaguicidas, incluyendo requisitos de registro, etiquetado, almacenamiento, transporte y aplicación de los plaguicidas.

Estas son solo algunas de las normas, regulaciones, leyes y fiscalizaciones que existen en Chile en relación al uso del agua en la agricultura y en el cultivo en interiores, es importante subrayar que el cumplimiento de estas normas es fundamental para asegurar un uso eficiente y sostenible de este recurso.

1.4 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA

Para realizar el análisis estratégico del problema se utilizará el análisis FODA, es una herramienta esencial para evaluar los factores internos y externos que afectan la viabilidad y las estrategias necesarias para enfrentar desafíos y aprovechar oportunidades en este proyecto, a través de la identificación de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Al utilizar este tipo de análisis estratégico (ver tabla 1-2) como base, se podrá comprender mejor el panorama actual y así, tomar decisiones informadas que impulsen el desarrollo e implementación de la alternativa propuesta.

TABLA 1-2. MATRIZ FODA.



Fuente: Proceso creativo del estudio.

1.4.1 **FORTALEZAS**

1. Eficiencia en el consumo de agua: La alternativa propuesta permite un uso más eficiente de agua, generando ahorro en recursos hídricos y reduciendo el desperdicio.
2. Cultivo en espacios reducidos: Posibilita el cultivo de plantas y vegetales en áreas urbanas con limitaciones de espacio, incrementando la producción en entornos urbanos.
3. Reducción de plagas y enfermedades: El cultivo en interiores minimiza problemas relacionados a plagas, hongos, enfermedades, etc. Resultando en cultivos más saludables y de mayor calidad.
4. Control sobre las condiciones de cultivo: Facilita el control de factores como la iluminación, el riego y la temperatura, proporcionando condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas y permitiendo un mayor rendimiento.

1.4.2 OPORTUNIDADES

1. Demanda creciente de alimentos frescos en áreas urbanas: El aumento en la demanda de alimentos frescos y cultivados localmente en áreas urbanas, representa una oportunidad para promover y comercializar la alternativa propuesta.

2. Tendencia a la sostenibilidad y la agricultura urbana: Crece el interés en prácticas sostenibles y en el cultivo de alimentos propios, lo que favorece la adopción de soluciones respetuosas con el medio ambiente.

3. Colaboración con instituciones educativas y comunidades locales: Se pueden establecer alianzas para promover el conocimiento y la adopción de la alternativa a través de programas educativos, talleres o proyectos conjuntos.

1.4.3 DEBILIDADES

1. Costos iniciales: La implementación estructural para el cultivo en interiores puede ser costosa, incluyendo la fabricación, instalación, y sistemas de iluminación, riego y temperatura.

2. Requerimientos técnicos y conocimientos especializados: La implementación exitosa puede requerir habilidades técnicas y conocimientos especializados en áreas como el control climático y sistemas de agua.

3. Dependencia de recursos externos: La necesidad de adquirir insumos y equipos especializados, puede generar una dependencia de proveedores externos.

1.4.4 AMENAZAS

1. Limitaciones legales y regulatorias: Puede existir restricciones en el uso del agua, zonificación urbana y normativas específicas para la agricultura en entornos urbanos.

2. Competencia de otras alternativas de agricultura urbana: Existen diferentes alternativas de agricultura urbana, como jardines verticales, sistemas hidropónicos, mini huertos, entre otros, los cuales pueden competir directamente con el proyecto propuesto.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, la creciente demanda de alimentos frescos en áreas urbanas y la tendencia hacia la sostenibilidad, refuerzan la relevancia y el potencial de crear una nueva alternativa de cultivo, pero con desafíos significativos desde el punto de vista financiero, técnico y legal, que podrían afectar su implementación.

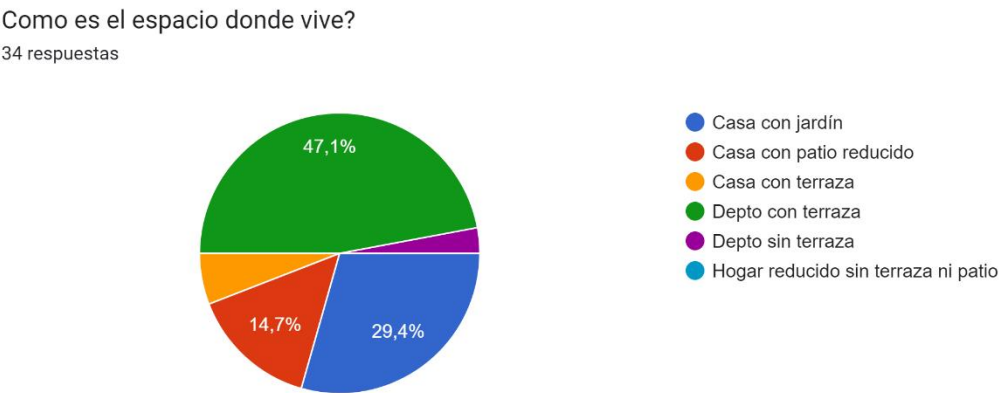
Con un enfoque adecuado, la creación de un nuevo sistema de cultivo, podría convertirse en una solución clave para la producción sostenible de alimentos en entornos

urbanos, minimizando las debilidades y amenazas y aprovechando las fortalezas y oportunidades.

1.5 COMPRENSIÓN DEL MERCADO

Para encontrar el perfil de cliente y el segmento de mercado, se realizó una encuesta.

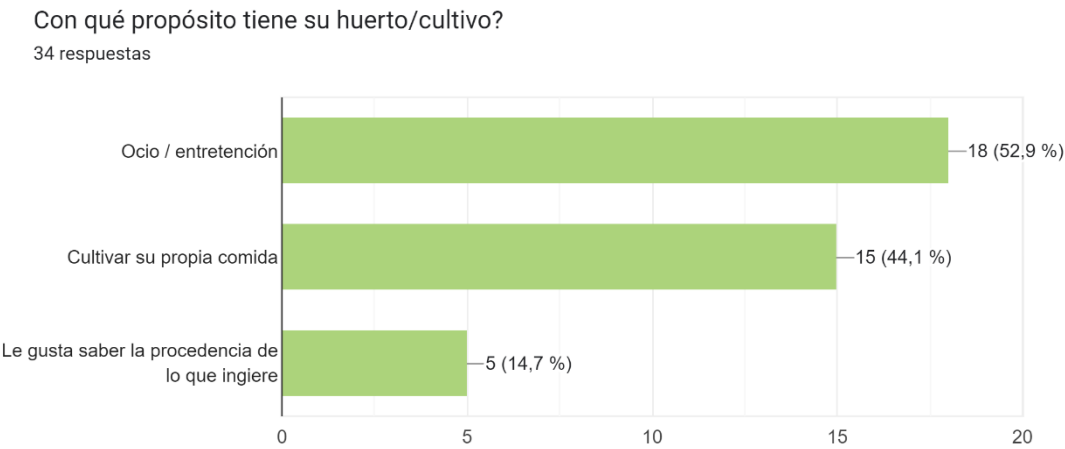
Esta encuesta reveló que el 85,3% de los participantes son mujeres y el 47,1% vive en departamento con terraza principalmente en la región de Valparaíso, según gráfico 1-4.



Fuente: Elaboración propia, estudio de mercado.

GRÁFICO 1-4. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES.

La mayoría consume vegetales a diario y el 61,9% tiene algún tipo de cultivo en su hogar, aunque muchos cultivan solo por entretenimiento y tienen una gran preocupación por evitar el crecimiento de plagas, de agregar nutrientes y de regar a diario, encuentran que es una actividad tediosa de realizar. (Ver gráfico1-5).

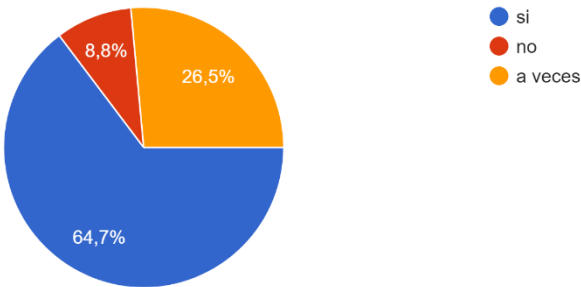


Fuente: Elaboración propia, estudio de mercado.

GRÁFICO 1-5. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES.

Al tener su huerto/cultivo, usted se preocupa en evitar el crecimiento de plagas, de agregar nutrientes, o de regar constantemente?

34 respuestas



Fuente: Elaboración propia, estudio de mercado.

GRÁFICO 1-6. ENCUESTA CONSUMO REGULAR DE VEGETALES.

Las hierbas aromáticas, como el perejil, orégano, albahaca, ciboulette y cilantro, son las más cultivadas, junto con vegetales como lechuga, tomate y frutilla.

Cuando se dio a conocer que las frutas como, el melón, la piña, el plátano, sandía y frutos rojos, y de las verduras como, tomate, brócoli, pimentón, apio, zanahoria y papa pueden ser cultivados en sistemas de cultivo en interiores, los encuestados mostraron interés en instalar un sistema que cumpla con sus necesidades.

1.6 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

Este proyecto se beneficiará aplicando la mecánica de fluidos, debido a las siguientes razones.

1. Cálculo de caudales y presiones: Permite realizar cálculos precisos para garantizar que cada planta reciba la cantidad de agua requerida, evitando el exceso o la falta de agua.
2. Uso de bombas: Las bombas son esenciales para distribuir el agua en sistemas de cultivo, y el conocimiento de mecánica de fluidos es fundamental para optimizar su funcionamiento.
3. Gestión de recursos hídricos: En un contexto de escasez de agua y la necesidad de una gestión sostenible de recursos hídricos, esta rama puede proporcionar herramientas y enfoques para racionalizar el uso de agua en la agricultura en espacios reducidos, además, permite calcular y controlar el consumo de agua, prevenir fugas y desperdicios.
4. Manejo de Nutrientes: Permiten cultivos más sostenibles, pues mejora en términos de eficiencia, control y uniformidad, los nutrientes requeridos por las plantas

1.7 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Explorar, evaluar y diseñar integralmente un sistema de cultivo en espacios cerrados que responda a las necesidades específicas de producción de alimentos en contextos de limitaciones de espacio y recursos, con el propósito de ofrecer una alternativa eficiente y sustentable para la producción alimentaria.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las necesidades de producción eficiente de alimentos en entornos con limitaciones de espacio y recursos, identificando las ventajas y potenciales de los sistemas de cultivo en espacios cerrados.
- Definir las características y componentes de un prototipo para evaluar su viabilidad en la implementación del sistema mediante un experimento de análisis físico.
- Evaluar las características técnicas y funcionales del proyecto, centrándose en la eficiencia del sistema de riego, la distribución del agua y los métodos de cultivo.

5. Realizar un análisis exhaustivo de los costos económicos del equipo propuesto, considerando tanto los costos de materiales como su posible valor de venta.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

Este capítulo aborda el diseño y fabricación de un sistema hidropónico modular. Se desarrollaron varios diseños, realizando distintas modificaciones para optimizar el proceso de fabricación y funcionalidad del sistema, acompañadas de cálculos precisos para determinar el volumen de agua necesario, la presión adecuada para el riego y el flujo eficiente dentro del sistema.

Posteriormente, se seleccionaron los materiales adecuados para garantizar la durabilidad del sistema. Finalmente, se fabricó un prototipo para así asegurar que sus funciones cumplieran con los objetivos propuestos.

2.1. DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO

Este proyecto propone una respuesta a los desafíos globales que está enfrentando actualmente la agricultura, particularmente en áreas urbanas densamente pobladas y con recursos limitados. El objetivo general consiste en desarrollar, promover y establecer una solución de agricultura vertical en espacios reducidos que sea altamente eficiente en el uso de agua y sostenible desde una perspectiva ambiental, económica y social.

Esta propuesta se enfoca en la creación de un sistema de cultivo adaptable, diseñado específicamente para ser implementado en entornos urbanos donde la disponibilidad de espacio, tierra cultivable y recursos hídricos es limitada. Al abordar estos desafíos, el trabajo busca no solo mejorar la producción local de alimentos frescos, sino también optimizar y reducir el uso de agua en la agricultura.

El producto que se desarrollará como resultado de este trabajo tiene como objetivo proporcionar a las personas una solución práctica y accesible para cultivar alimentos frescos y saludables en el interior de sus hogares y en otros espacios reducidos. Este sistema de cultivo vertical estará diseñado con un enfoque en la eficiencia del uso de agua, la minimización del desperdicio de recursos y la optimización del crecimiento de las plantas. Esto convierte a este sistema en una herramienta esencial para enfrentar los desafíos actuales de la agricultura.

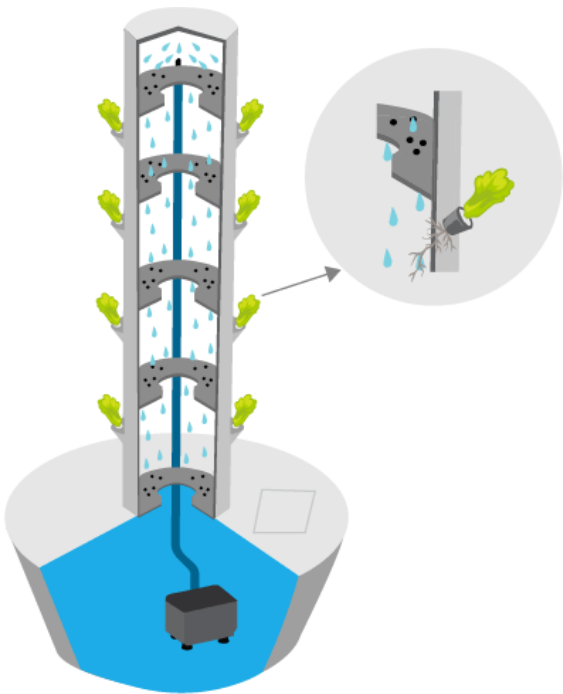
Este producto apunta a reducir la dependencia de los alimentos transportados desde distintas áreas, contribuyendo así a la reducción de la huella de carbono y a la mitigación de posibles interrupciones en la cadena de suministro de alimentos.

Por otro lado, el producto se define como una herramienta para educar y concientizar sobre la importancia de la agricultura sostenible y la conservación del

agua, incentivando a las personas a adoptar prácticas agrícolas responsables y a desarrollar un mayor aprecio por la producción local de alimentos. Para concluir, la finalidad de este producto es ser un impulsor para la transformación positiva en la forma en que las personas cultivan, consumen y se relacionan con los alimentos en las zonas urbanas.

2.2. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Estos sistemas usan técnicas NFT para cultivar plantas. El agua con nutrientes se bombea a la tubería superior, desde donde fluye hacia abajo en una corriente constante. (Ver figura 2-1).



Fuente: Arkiplus, 2024.

FIGURA 2-1. FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL CON TÉCNICA NFT.

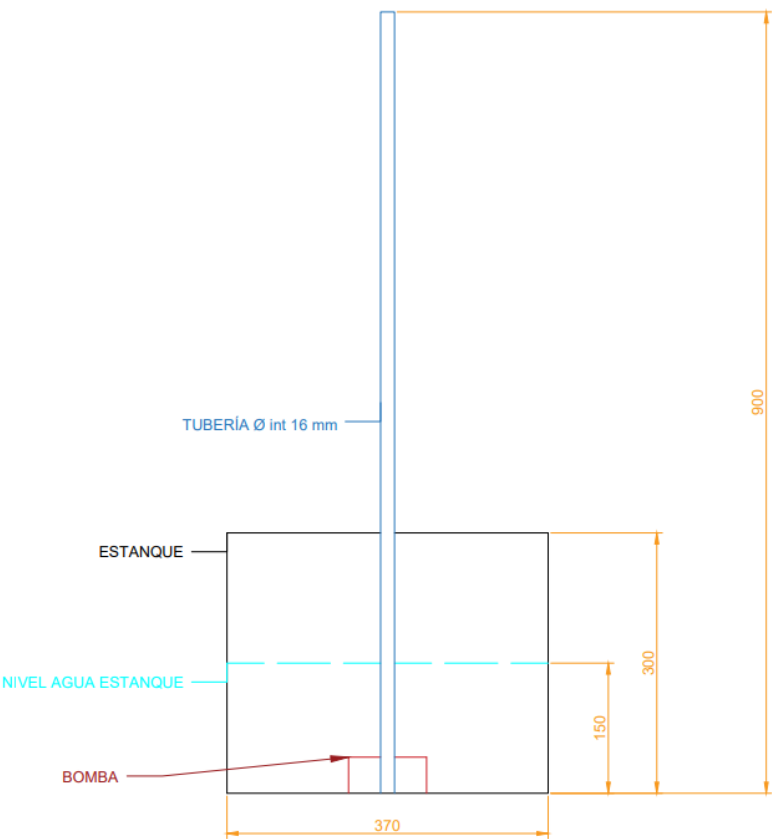
Estos sistemas cuentan con un depósito en su base que almacena la solución nutritiva. Las plantas se insertan en cestas equipadas con esponjas para su soporte. Dentro del depósito se encuentra una bomba sumergible de bajo voltaje que impulsa la solución hacia arriba a través de una manguera central. A partir de allí, la solución gotea a través de la torre central, utilizando rejillas que permiten que el flujo de agua caiga en cascada sobre las raíces expuestas de las plantas. Este método asegura una distribución uniforme de nutrientes y una adecuada hidratación para el crecimiento de las plantas.

Estos sistemas cuentan con una variedad de componentes necesarios para que sea utilizada:

- Depósito de Agua.
- Módulos de Cultivo (Cestas).
- Estructura (módulos).
- Sistema de Bombeo.
- Conductos y Mangueras.
- Placas de Drenaje.
- Tapa o cubierta

2.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS MORFOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS

Basándose en la propuesta de diseño presentada posteriormente, se realiza una serie de cálculos simplificados para determinar la capacidad del estanque, definir el caudal necesario y calcular la altura a la que se debe elevar el agua desde el estanque. Estos cálculos son esenciales para asegurar que el sistema hidropónico funcione de manera eficiente, proporcionando un suministro constante de nutrientes a las plantas y optimizando el uso de recursos. Además, se consideran aspectos como la potencia requerida de la bomba y la presión de la columna de agua, que son fundamentales para la selección adecuada de componentes y para garantizar la fiabilidad y durabilidad del sistema en su conjunto. (Ver figura 2-2).



Fuente: Creación Propia.

FIGURA 2-2. DIAGRAMA DE SISTEMA PARA CÁLCULOS.

$$\varnothing \text{ tubo} = 16\text{mm} = 0,016 \text{ m}$$

Cálculo

Fórmula 2. 1: de Volumen para conocer capacidad del estanque

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$\varnothing = 370 \text{ mm} = 0,37 \text{ m} \quad | \quad r = 0,185 \text{ m} \quad | \quad h = 300\text{mm} = 0,3 \text{ m}$$

Entonces reemplazando los datos para obtener el volumen se consigue:

$$V = \pi \cdot 0,185 \text{ m}^2 \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$V = 0,0323 \text{ m}^3$$

$$V = 32,3 \text{ Lt}$$

Por lo tanto, como resultado se obtiene que la capacidad máxima del volumen considerado para el almacenamiento de agua corresponde a 32,3 Litros aproximadamente.

En consecuencia, de la capacidad del estanque, se determina un caudal necesario de 30 Lt/min, contemplando que el proceso de regadío dentro del sistema ocupe todo el volumen de agua dentro del sistema en el tiempo estimado de 1 minuto, cumpliendo así un ciclo de riego.

Fórmula 2 – 2: Potencia Teórica de Bomba Hidráulica

$$P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_b$$

$$P_b = \text{Potencia Teórica Bomba} [1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ W}]$$

$$\rho = \text{Densidad del Fluido} \left[997 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$g = \text{Gravedad} \left[9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$Q = \text{Caudal} \left[0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \left[30 \frac{\text{Lt}}{\text{min}} \right] = \left[1800 \frac{\text{Lt}}{\text{hr}} \right]$$

$$h_b = \text{Altura Dinámica de la Bomba (Extraída de Bernoulli)} [\text{m}]$$

Fórmula 2 – 3: de Bernoulli

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{Q} + h_b = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{Q}$$

$$h_1 = \text{Altura inicial del flujo} [0 \text{ m}]$$

$$v_1 = \text{Velocidad inicial del flujo} \left[0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$P_1 = \text{Presión inicial del flujo} [1 \text{ atm}] = [101.325 \text{ Pa}]$$

$$h_2 = \text{Altura final del flujo} [0,9 \text{ m}]$$

$$v_2 = \text{Velocidad final del flujo} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$P_2 = \text{Presión final del flujo} [1 \text{ atm}] = [101.325 \text{ Pa}]$$

Entonces se despeja h_b tomando en cuenta los datos anteriores.

$$h_b = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \left| \quad v_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \phi^2} \quad \left| \quad v_2 = \frac{4 \cdot 0,0005 \frac{m^3}{s}}{\pi \cdot 0,016m^2} \quad \left| \quad v_2 = 2,49 \frac{m}{s} \right. \right.$$

$$h_b = 0,9 m + \frac{\left(2,49 \frac{m}{s}\right)^2}{\left(2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h_b = 1,22 m$$

Se obtiene por resultado que la altura dinámica de la bomba es de 1,22 metros y que la velocidad de salida por el tubo es de 2,49 metros por segundo.

Entonces se retoma la fórmula de Potencia Teorica de Bomba y se reemplazan los datos obtenidos.

$$P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_b$$

$$P_b = 997 \frac{Kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,0005 \frac{m^3}{s} \cdot 1,22m$$

$$P_b = 5,97 \frac{Kg \cdot m^2}{s^3}$$

$$P_b = 5,97 W$$

Se obtiene por resultado que la potencia mínima teórica que necesita la bomba hidráulica es de 5,97 Watts aproximadamente.

Fórmula 2. 4: Presión de Columna de Agua o Presión Hidroestática

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

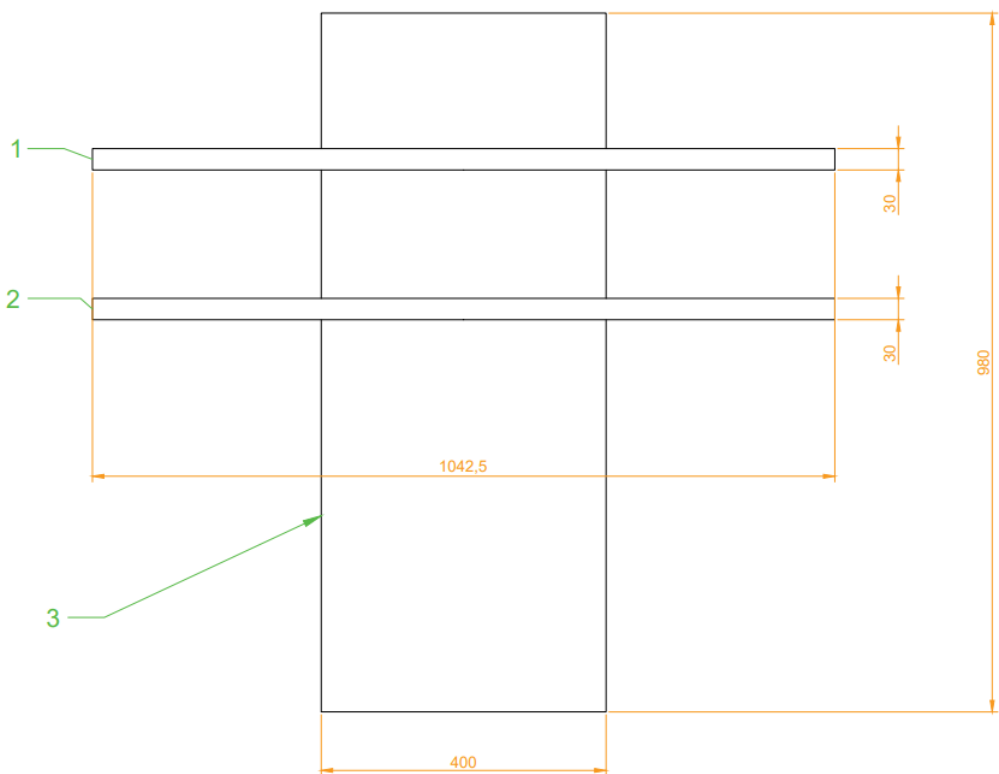
$$P = 997 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,9 m$$

$$P = 8.802,51 \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

$$P = 8.802,51 Pa$$

Se obtiene como presión de la columna de agua el valor de 8.802,51 Pascales teniendo en cuenta la desembocadura de la tubería a 0,9 metros de altura verticalmente desde la base.

Aproximación del volumen ocupado por el producto simplificando la geometría (Ver figura 2-3):



Fuente: Creación Propia.

FIGURA 2-3. DESARROLLO DEL DISEÑO.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Fórmula 2 – 1

Considerando los anillos (1 y 2) de 1042,5 [mm] de diámetro cada uno, más el cilindro central (3) de 400 [mm] de diámetro, primero se calculará el volumen de los anillos restandole el volumen del centro por donde pasa el cilindro de 400 [mm].

$$\begin{aligned} \varnothing 1042,5 \text{ mm} &= 1,0425 \text{ m} \quad ; \quad r_{\text{anillo}} = 0,5213 \text{ m} \\ h_{\text{anillo}} 30\text{mm} &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing 400 \text{ mm} &= 0,4 \text{ m} \quad ; \quad r_{\text{cilindro}} = 0,2 \text{ m} \\ h_{\text{cilindro}} 980 \text{ mm} &= 0,98 \text{ m} \end{aligned}$$

Volumen anillos:

$$\begin{aligned} V_{\text{anillos}} &= 2 \cdot \left((\pi \cdot r_{\text{anillo}}^2 \cdot h_{\text{anillo}}) - (\pi \cdot r_{\text{cilindro}}^2 \cdot h_{\text{anillo}}) \right) \\ V_{\text{anillos}} &= 2 \cdot \left((\pi \cdot 0,5213 \text{ m}^2 \cdot 0,3 \text{ m}) - (\pi \cdot 0,2 \text{ m}^2 \cdot 0,3) \right) \\ V_{\text{anillos}} &= 2 \cdot (0,2561 \text{ m}^3 - 0,0377 \text{ m}^3) \\ V_{\text{anillos}} &= 2 \cdot 0,2184 \text{ m}^3 \\ V_{\text{anillos}} &= 0,4368 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen cilindro

$$\begin{aligned} V_{\text{cilindro}} &= \pi \cdot r_{\text{cilindro}}^2 \cdot h_{\text{cilindro}} \\ V_{\text{cilindro}} &= \pi \cdot 0,2 \text{ m}^2 \cdot 0,98 \text{ m} \\ V_{\text{cilindro}} &= 0,1232 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen total

$$V_{total} = V_{anillos} + V_{cilindros}$$

$$V_{total} = 0,4368 \text{ m}^3 + 0,1232 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 0,56 \text{ m}^3$$

Para la selección de materiales es crucial asegurar la eficiencia, durabilidad y seguridad del sistema. Los materiales deben ser resistentes y duraderos, capaces de soportar la corrosión causada por la exposición continua al agua y nutrientes. Además, deben ser completamente impermeables y no disolverse ni liberar sustancias tóxicas en el agua, manteniendo su integridad estructural y funcionalidad bajo condiciones de alta humedad.

Es esencial que los materiales sean inertes químicamente para no reaccionar con los nutrientes o productos químicos utilizados en el sistema, garantizando así la calidad y pureza del agua nutritiva. Los materiales también deben ser seguros para las plantas, sin liberar contaminantes que puedan afectar su crecimiento en el sistema hidropónico. Los componentes que están en contacto directo con la solución nutritiva deben ser de grado alimenticio, libres de BPA (Bisfenol A), para asegurar que no contaminen las plantas con sustancias tóxicas.

La facilidad de mantenimiento e instalación es otro factor importante. Los materiales deben ser livianos y manejables, permitiendo un fácil ensamblaje, lo que facilita el mantenimiento y mejora la eficiencia operativa. Los materiales expuestos a la luz solar deben ser resistentes a la degradación por UV para evitar el deterioro prematuro y prolongar la vida útil del producto. Además, debe tener propiedades de aislamiento térmico para mantener una temperatura constante y óptima para el crecimiento de las plantas, y ser capaces de soportar variaciones de temperatura sin deformarse o perder sus propiedades.

Es crucial prevenir la formación de algas y bacterias, para así mantener la calidad del agua y salud de las plantas, es por esto que el material que se utilice debe tener superficies antimicrobianas para prevenir estos problemas. Siempre que sea posible, se deben utilizar materiales reciclables o sostenibles para reducir el impacto ambiental. Estas características aseguran que el sistema hidropónico vertical sea eficiente, productivo, seguro y sostenible, proporcionando un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas y minimizando el impacto ambiental.

TABLA 2-3 TABLA COMPARATIVA TIPOS DE TORRE.

TIPO DE TORRE	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE
	TORRE MODULAR	3/3	TORRE DE UNA PIEZA	2/3	TORRE DE BANDEJAS	2/3
						
	*Es fácil de armar y de transportar *Se pueden cultivar frutas y verduras *Minimiza el desperdicio de agua		*Es complejo armar debido a su gran tamaño *Se pueden cultivar frutas y verduras *Minimiza el desperdicio de agua		*Es fácil de armar y transportar *Ideal para plantas pequeñas como hortalizas *Minimiza el desperdicio de agua	

Fuente: [Sistemas Hortícolas Almería, 2022](#).

Gracias a los antecedentes, se puede saber que hoy en día se requieren productos que ocupen el menor espacio posible. Por esta razón, es fundamental que el producto sea fácil de manejar, ensamblar y de transportar. En este contexto, la mejor opción para las torres de cultivo es el diseño modular (ver tabla 2-3). Este enfoque permite una solución eficiente en términos de espacio y flexibilidad, adaptándose a las necesidades individuales y facilitando su uso, limpieza y transporte.

TABLA 2-4 TABLA COMPARATIVA DE BOMBAS.

BOMBAS	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE
	BOMBA SUMERGIBLE	3/3	BOMBA DOSIFICADORA	2/3	BOMBA DE AIRE	1/3
						
	*Se coloca dentro del depósito de agua *Ideal para sist. De flujo y reflujo. *Succiona el agua para llevarla a traves de las tuberías		*Se coloca dentro del depósito de agua *Ideal para sistemas comerciales *Mezcla y administra los nutrientes		*Se coloca dentro del depósito de agua *Ideal para sistemas DWC *Suministran aire para oxigenar el agua y las raíces	

Fuente: [Wiki Agronomia, 2024](#) & [The green Brand](#)

Al comparar diferentes bombas adecuadas para este proyecto, se evaluaron en función de los requisitos específicos. La bomba sumergible resultó ser la mejor evaluada (ver tabla 2-4), ya que cumple con los criterios establecidos para el sistema. La selección final de la bomba dependerá del diseño específico del producto a diseñar, permitiendo ajustar las especificaciones de acuerdo con las necesidades.

TABLA 2-5 TABLA COMPARATIVA DE PLÁSTICOS.

MATERIAL PLÁSTICO	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE	COMPONENTE	PUNTAJE
	PLÁSTICO PVC	0/3	PLÁSTICO ABS	2/3	PLÁSTICO PP	3/3
						
	*Altamente tóxico. *Se fija materia orgánica en el material *El que más impacto ambiental tiene.		*No es un material tóxico *Protegido contra la proliferación de bacterias y hongos. *Es el segundo plástico que más contamina		*Plástico atóxico de grado alimentario. *Los microorganismos no pueden arraigarse en el material. *El que menos impacto ambiental tiene.	

Fuente: [GroHo Hidroponía es 2024](#), [Cultivador Hoy, 2019](#), [Aceromafe 2023](#),
[GreenCamp 2019](#), [GreenDripGrow](#).

El plástico que cumple con la mayor parte de requisitos es el PP (ver tabla 2-5), es ideal para sistemas hidropónicos, debido a su resistencia y durabilidad, inercia química y seguridad para las plantas. Además, resiste degradación UV, tiene propiedades de aislamiento térmico y puede ser tratado para prevenir algas y bacterias. Su reciclabilidad y sostenibilidad lo hacen aún más adecuado, minimizando el impacto ambiental.

2.4. DESARROLLO DE COMPONENTES

Este proyecto está enfocado en diseñar y fabricar un sistema de torre modular, cuya finalidad es desarrollar una estructura funcional y que ahorre espacio de manera significativa. Se ha adoptado un enfoque modular porque representa una solución efectiva para maximizar el uso de espacio y facilitar el proceso de ensamblaje. Los módulos serán versátiles y ofrecerán a los consumidores la opción de personalizar su sistema, permitiéndoles decidir si utilizan todos los módulos para una expansión completa o elegir dejar fuera algunos módulos según sus necesidades individuales (ver figura 2-4).

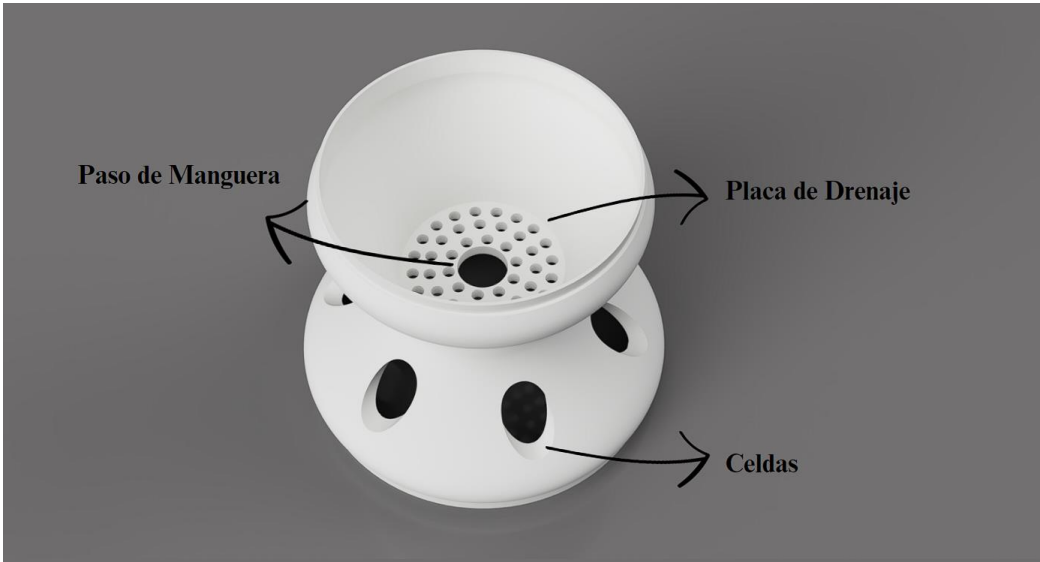


Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-4. VERSIÓN N°1 ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL.

La versión n°1 del sistema de torre modular consta de cuatro módulos interconectados, con un tanque de agua ubicado en la parte inferior que funciona como base. Cada módulo está equipado en su interior con una placa de drenaje (ver figura 2-5) estratégicamente colocada para asegurar una distribución uniforme del flujo de agua hacia abajo, alimentando las raíces de cada nivel de la torre.

Para la fabricación de estos módulos, se ha optado por el proceso de rotomoldeo debido a su capacidad para producir piezas huecas, cumpliendo así los requisitos del diseño. Posteriormente hay un proceso de perforado, el cual puede ser llevado a cabo de manera robotizada, utilizando matrices o máquinas especializadas (machinas).

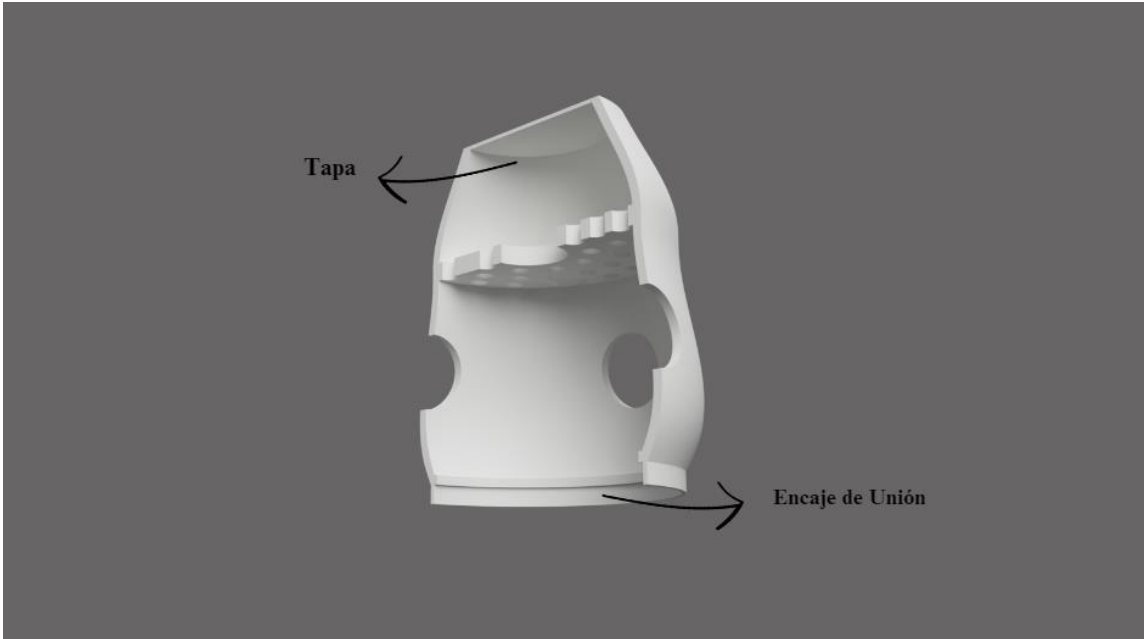


Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-5. VERSION N°1 COMPONENTES.

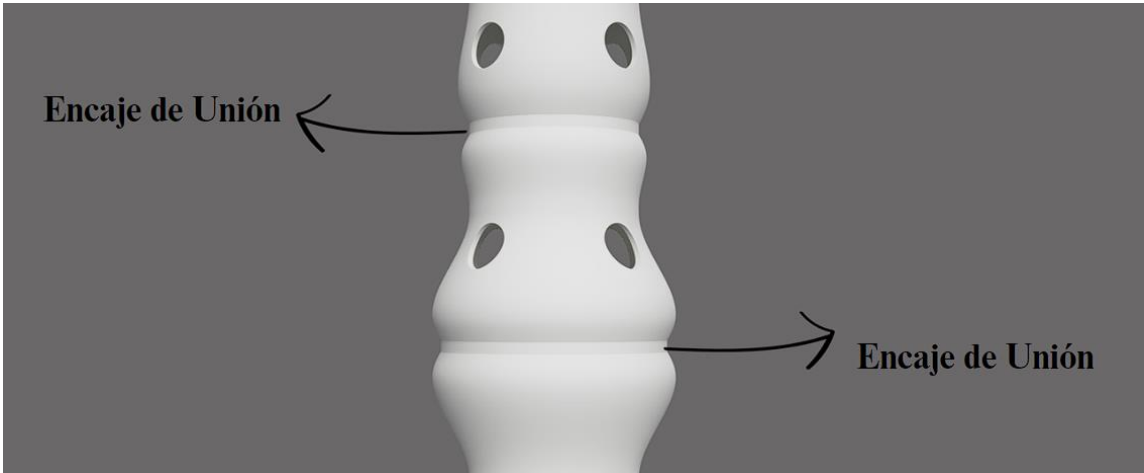
Como se mencionó anteriormente, esta placa permite que el agua drene a través del sistema, evitando que se acumule en las raíces y las sature. Las celdas están directamente conectadas a estas estructuras y la función proporcionar un lugar específico para las plantas, permitiendo colocarlas en sus propias canastas y aprovechar el drenaje proporcionado por la placa.

El paso de manguera en cada módulo facilita el suministro de agua al sistema. Este componente permite la conexión directa de una manguera, proporcionando un flujo continuo de agua a las plantas. El conducto conecta la fuente de agua y atraviesa todo el sistema, permitiendo que, la bomba impulse el agua hacia arriba, la cual fluye y se drene a través de las rejillas hacia las cestas de cultivo. De esta manera, todas las plantas reciben suministro constante de agua.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

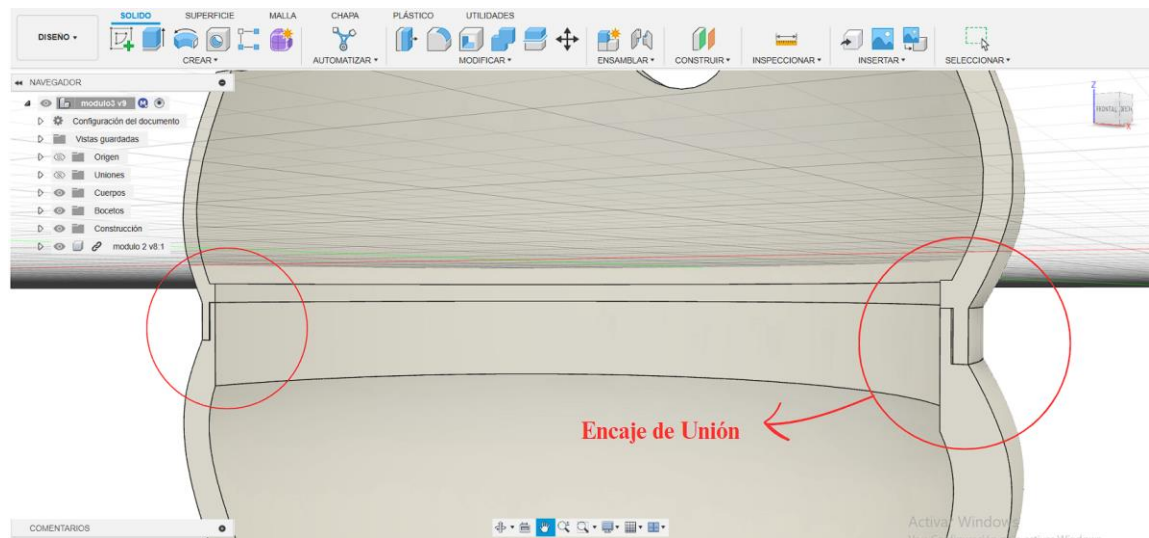
FIGURA 2-6. VERSION N°1 COMPONENTES.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-7. VERSION N°1 COMPONENTES.

Los encajes de unión (ver figura 2-8) están diseñados para conectar distintos módulos entre sí (ver figura 2-7), creando una estructura sólida y cohesiva, facilitando el proceso de armado y simplificando el transporte del sistema.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-8. VERSION N°1 COMPONENTES.

2.5 DISEÑO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL

Para determinar la cantidad de tomates a cultivar y el tamaño del sistema a diseñar, es esencial conocer el consumo semanal de una familia y la cantidad de agua necesaria para el crecimiento de las plantas de tomate.

Según Sabater, V. (2023, 6 de julio), es recomendable que una persona consuma de 1 a 2 tomates al día en promedio. Calculando el consumo para una familia de 3 integrantes, se obtiene un consumo diario aproximado de 6 tomate. Dado que cada tomate pesa entre 60 a 130 gramos, se estima que 10 tomates pesan alrededor de 1 kilogramo. Por lo tanto, una familia de 3 necesitaría 4 Kilogramos de tomates semanalmente para cubrir su consumo.

Existen dos tipos principales de plantas de tomate en función de su hábito de crecimiento: determinadas (arbustivas) e indeterminadas. Las plantas determinadas tienen un ciclo de vida más corto y producen una sola cosecha principal, después de la cual el crecimiento de la planta se detiene o se reduce significativamente (Huerta Tía María, s.f.).

En este estudio se considerará una planta de tomate pera de porte arbustivo, que es más compacta y ordenada. Estas plantas alcanzan una altura de 15 a 20 centímetros y están dotadas de 6 a 10 hojas, produciendo entre 1 a 2 kilogramos de tomates en su primera cosecha.

Las primeras frutas de tomate pueden estar listas para cosecharse entre 70 a 80 días después de la siembra. Algunas variedades tempranas pueden estar listas en tan solo 60 días, mientras que las tardías pueden tardar hasta 90 días o más. Después de que una flor de tomate se abre y se poliniza, toma aproximadamente 42 días (31 a 60 días) para que la fruta esté lista para cosechar (Prof. Fornaris, G. (2007). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate, Cosecha y manejo postcosecha).

El cultivo de tomate requiere un volumen diario de agua entre 1.800 a 2.700 mL por planta durante la etapa de fructificación (CIENCIA UANL, 2020). Además, se debe agregar al menos un 20% adicional al volumen calculado para compensar la evaporación y cualquier imprevisto.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-9. VERSION FINAL SISTEMA.

El diseño final (ver figura 2-9), constará de dos módulos, los cuales tendrán cuatro agujeros para instalar las cestas donde se germinarán las plantas.

En la parte inferior se encuentra el tanque, con una capacidad de 30 litros para abastecer a las plantas con suficiente agua.

Este sistema tendrá las siguientes dimensiones:

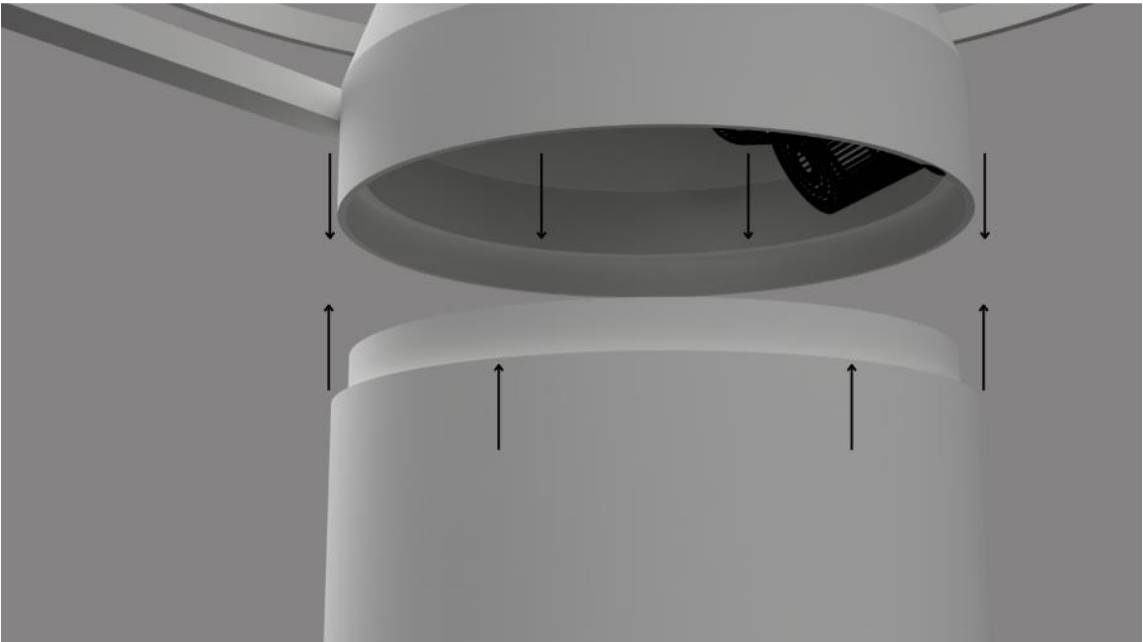
- Altura total: 980 mm.
- Ancho de los módulos: 360 mm.
- Ancho total (incluyendo los anillos de sujeción): 1042 mm.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-10. VERSION FINAL COMPONENTES.

El sistema está diseñado para que sea modular (ver figura 2-10), fácil de instalar, de acoplar y de transportar, por lo que con solo un movimiento es posible desarmar.

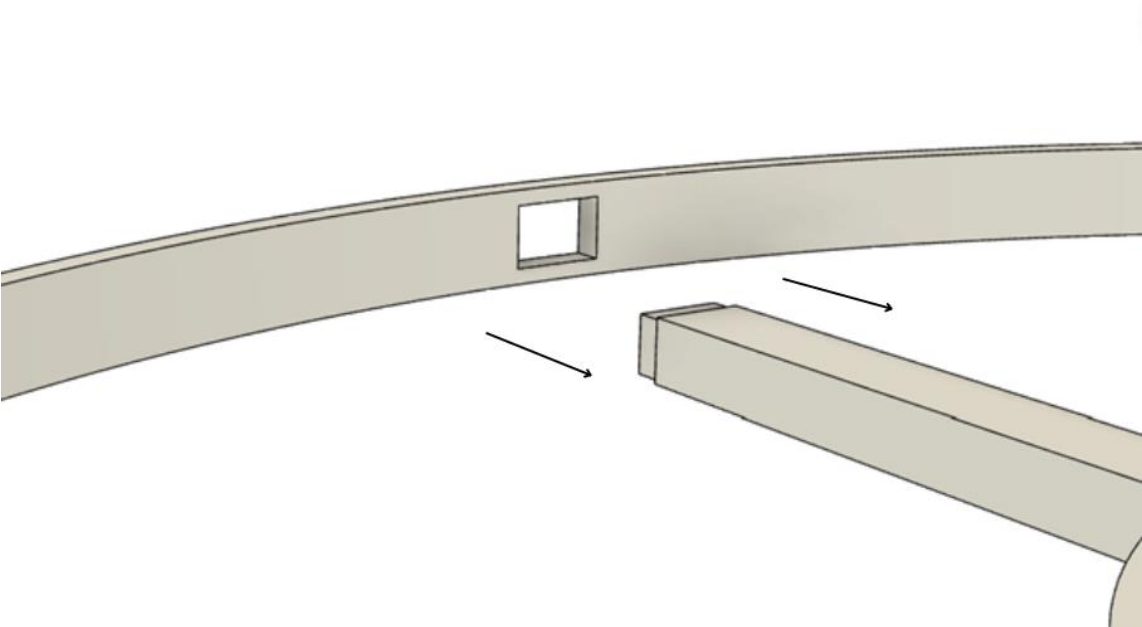


Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-11. VERSION FINAL ACOPLE.

El acople de cada módulo es por encaje (ver figura 2-11). Cada módulo tiene un sacado circunferencial externo en su extremo inferior y un sacado

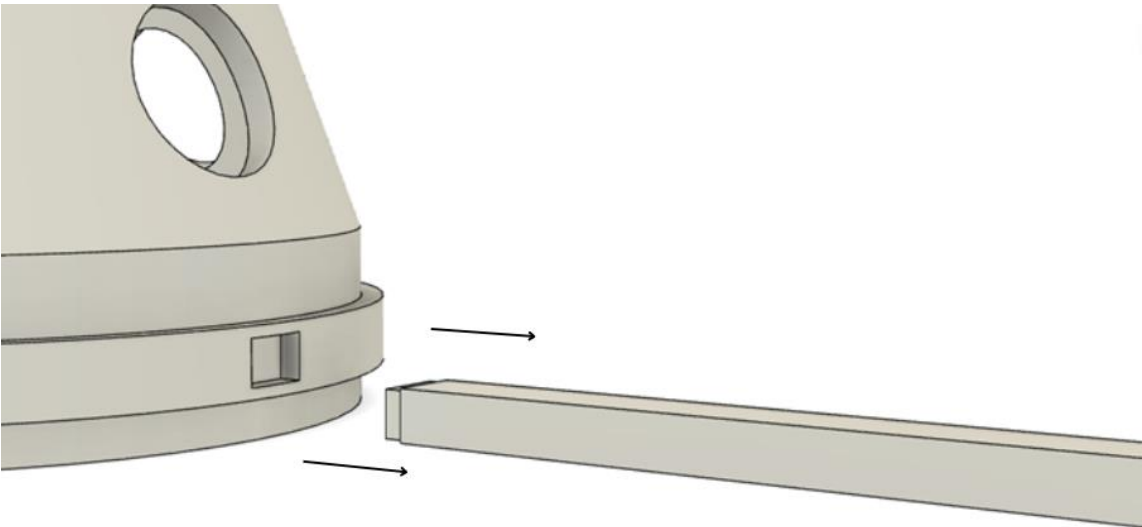
circunferencial interno en el extremo superior. Esto permite un acoplamiento fácil y seguro entre los módulos, impidiendo su movimiento.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

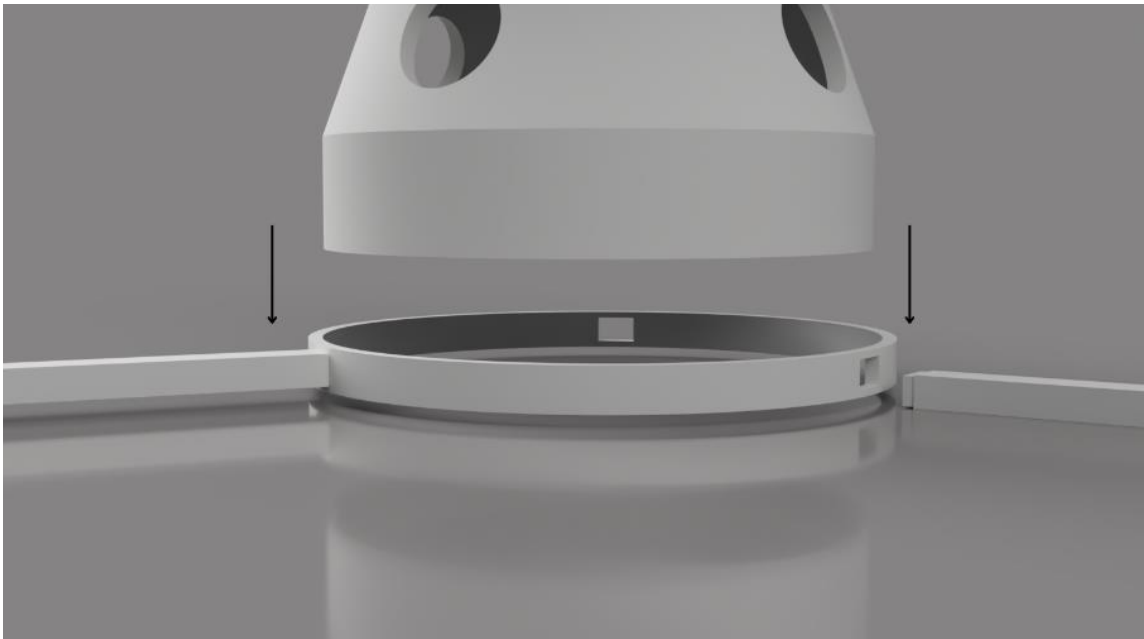
FIGURA 2-12. VERSION FINAL ANILLOS.

Para facilitar el proceso de armado, se diseñaron tres perfiles que unen los anillos internos con los anillos externos (ver figura 2-12 y 2-13). Estos perfiles tienen la función de guiar y sostener la planta de tomate, ya que esta no tiene suficiente fuerza para soportar el peso de sus frutos por sí sola.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

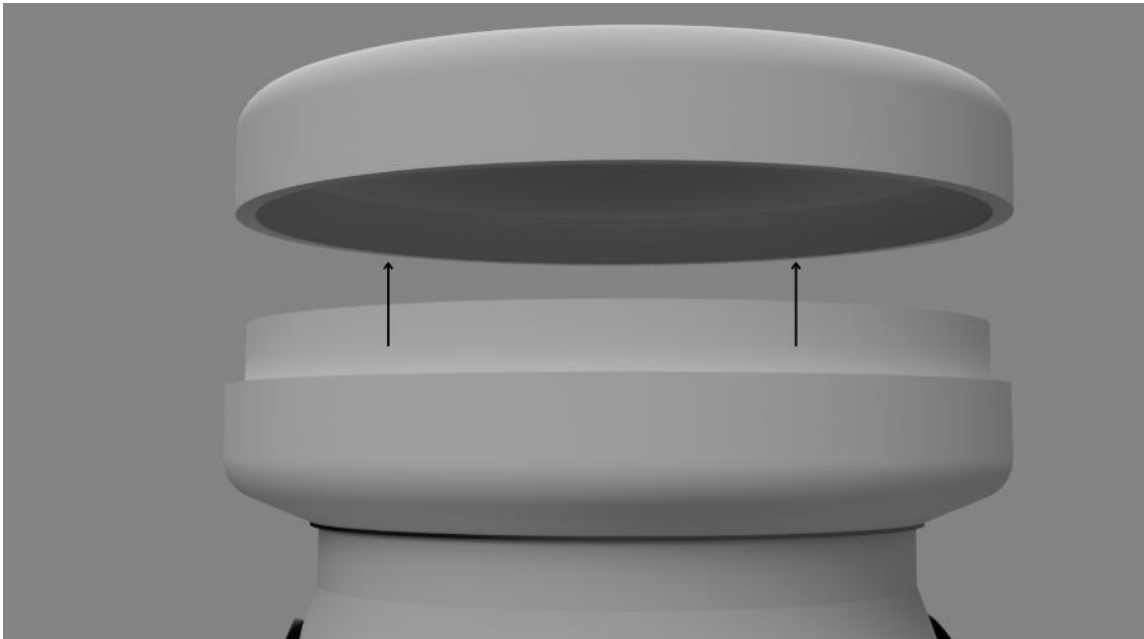
FIGURA 2-13. VERSION FINAL ANILLOS.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-14. VERSION FINAL ANILLOS.

Los anillos internos pueden ser retirados del sistema si el consumidor desea cultivar una planta que no requiera soporte. Además, estos anillos internos cumplen la función de mantener firmes los encajes entre módulos.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-15. VERSION FINAL TAPA.

En la parte superior del sistema se encuentra una tapa (ver figura 2-15), la cual cumple un rol fundamental en el sistema, ya que esta retiene la humedad alrededor de las raíces, protege a las raíces de la luz excesiva, lo que podría estimular el crecimiento de algas y de moho y finalmente ayuda al sistema a que el agua no escape ni se salga.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360

Fuente: [hydroenvironment](https://hydroenvironment.com)

FIGURA 2-16. VERSION FINAL CESTA.

Las canastas (ver figura 2-16) que se venden en el mercado, son estandarizadas dependiendo del tamaño de la planta, para una planta de tomate la cesta ideal es de 80 mm aproximadamente. Por esto, las perforaciones de cada módulo tienen un diámetro de 80 mm, para que calcen y queden firmes. Estas canastas también facilitan el manejo de las raíces, permiten el acceso a la observación y mantenimiento y evitan que las raíces se entrelacen o interfieran entre plantas.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-17. VERSION FINAL MÓDULO.

Finalmente, en cada módulo irá instalada una rejilla de drenaje (ver figura 2-17), la cual tendrá dos funciones, la primera es guiar la manguera central que

está encargada del flujo de agua, y la segunda es de drenar el agua que pase a través del sistema para que cada raíz sea alimentada.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-18. VERSION FINAL REJILLA DE DRENAJE.

Dentro del módulo hay un ángulo (ver figura 2-18) el cual será la base de la rejilla para que esta quede bien instalada. Del mismo modo, la rejilla también cumple con este ángulo para así acoplarse de buena manera, la razón de que esto sea así, es por si llegase a existir un margen de error y que calcen de igual manera.



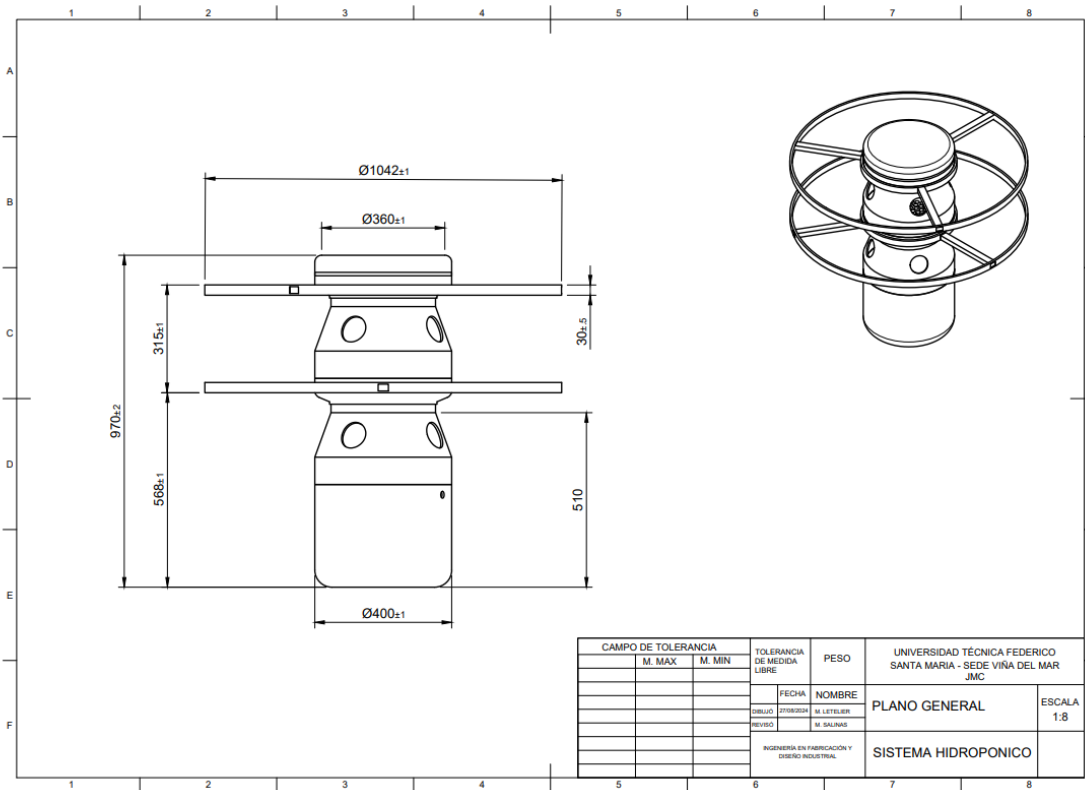
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-19. VERSION FINAL REJILLA DE DRENAJE.

2.6 DEFINICIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN

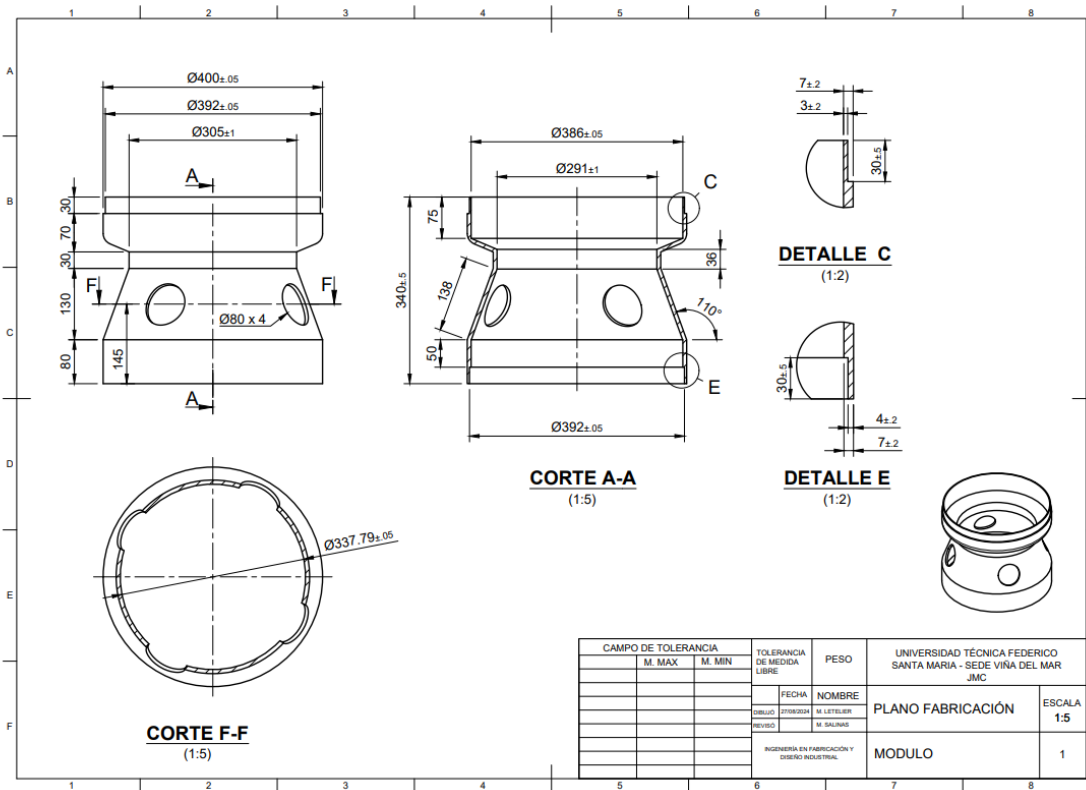
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-2. PLANOS DE CONJUNTO SISTEMA.



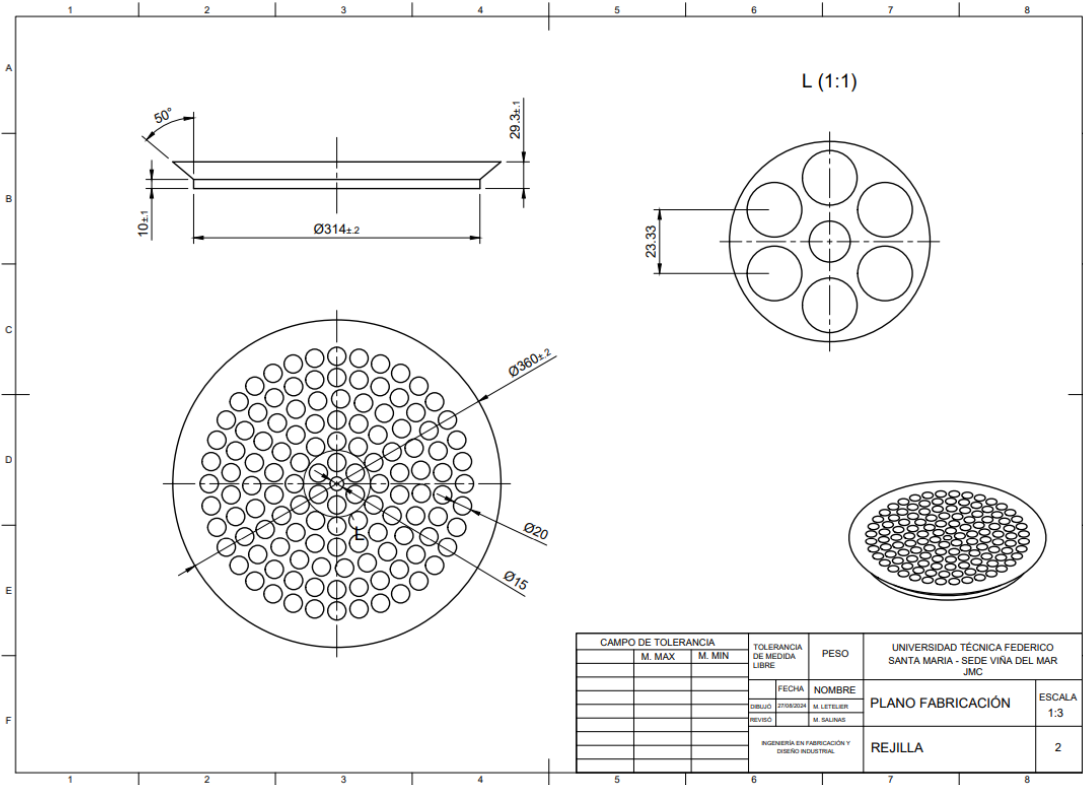
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-21. PLANO GENERAL SISTEMA.



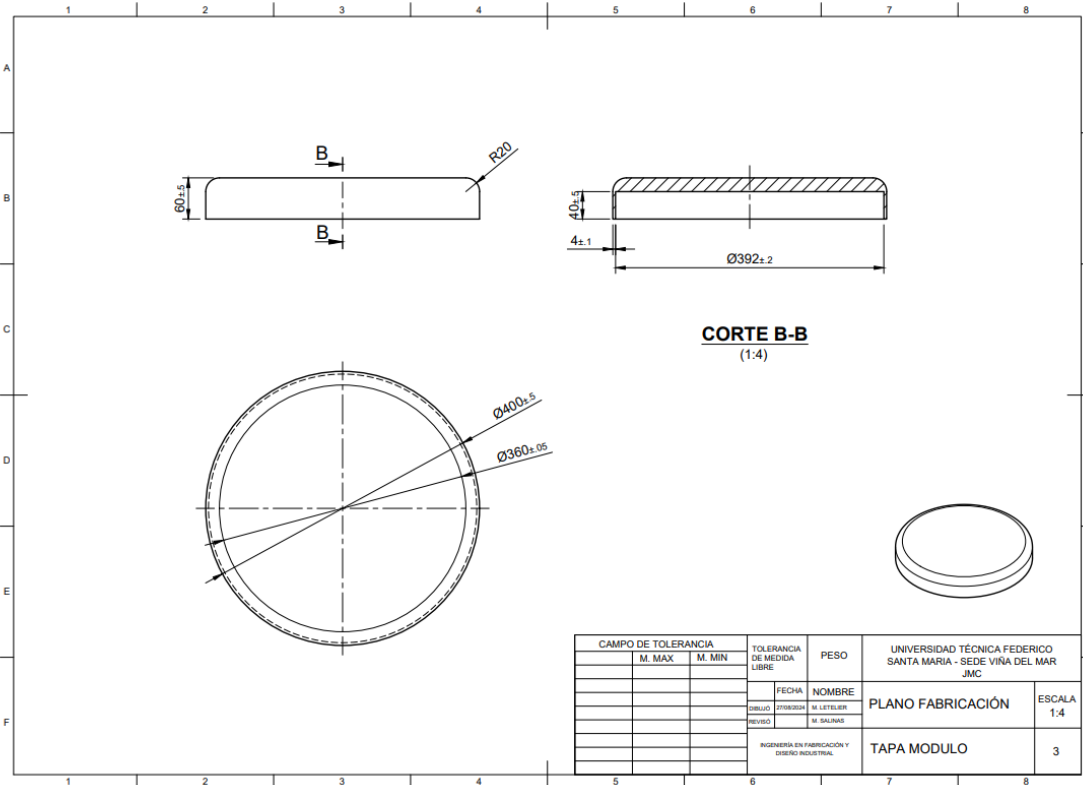
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-22. PLANOS DE FABRICACIÓN MÓDULO.



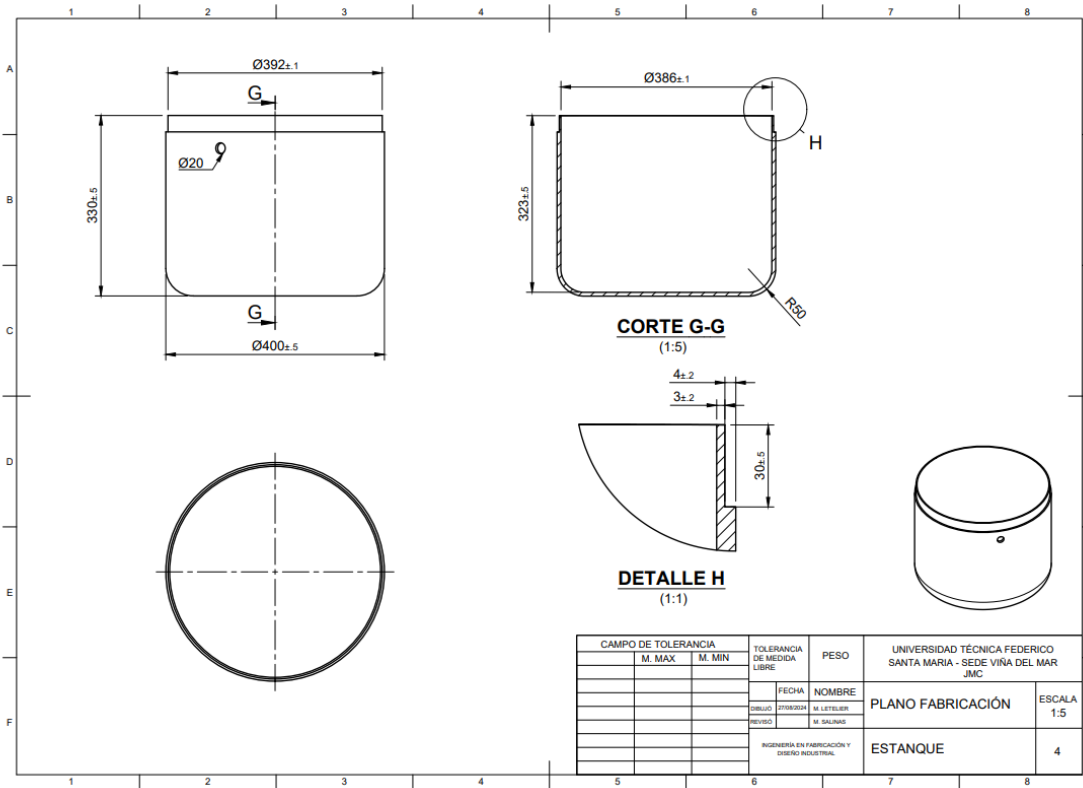
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-23. PLANO DE FABRICACIÓN REJILLA.



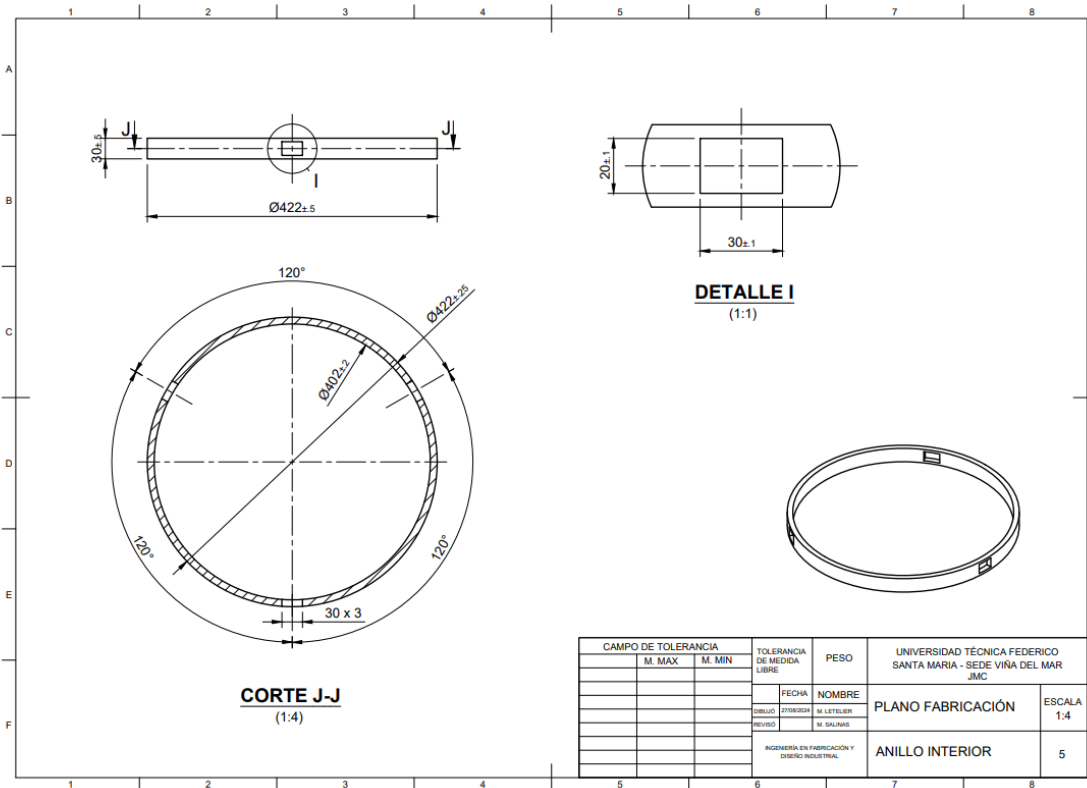
Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-24. PLANO DE FABRICACIÓN TAPA.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-25. PLANO DE FABRICACIÓN ESTANQUE.



Fuente: Elaboración propia, Software Fusion 360.

FIGURA 2-26. PLANO DE FABRICACIÓN ANILLO INTERIOR.

Después de investigaciones y variados diseños del sistema, se procede a la fase crucial del prototipado. Esta etapa es fundamental, ya que permite convertir los conceptos teóricos y de diseño en un modelo tangible y funcional. El prototipado no solo valida el diseño y sus componentes, sino que también facilita la identificación de posibles mejoras y ajustes necesarios.

Este proceso de prototipado involucra varios pasos, desde la fabricación de componentes individuales hasta el ensamblaje completo del sistema.

Todos los diseños de componentes en este prototipo fueron realizados utilizando el programa Fusion 360. La primera etapa de este proceso fue diseñar los moldes para el estanque que constituye la base del producto.

Para realizar la primera parte del molde, se encolaron cuatro placas de MDF para alcanzar el espesor requerido. Luego estos tableros se llevaron a la máquina router CNC, donde se le realizó el vaciado correspondiente (ver figura 2-29). Posteriormente, se encoló una última placa de MDF en la parte inferior, sellando así el molde.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-29. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE DE ESTANQUE.

Para realizar el cuerpo de este molde, se diseñaron unas cuadernas para ser cortadas en la CNC (ver figura 2-30), las cuales tienen como finalidad darle forma y altura a este

molde.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-30. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CUADERNAS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-31. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CUADERNA FINAL.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-32. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE PROTOTIPADO.

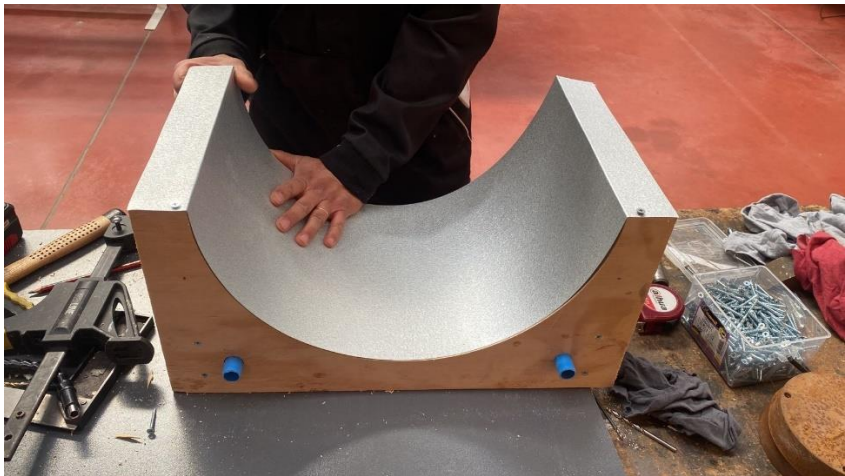
Una vez listas las seis cuadernas (ver figura 2-31), se ensamblaron tres a cada lado con separadores de madera cortados a mano (ver figura 2-33), asegurando que cada cuaderna se sostenga firmemente y mantenga una medida uniforme de separación. Además, un tubo de PVC pasa a través de estas “costillas”, brindando estabilidad adicional.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-33. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE DE ESTANQUE EN PROCESO.

A estos componentes se le fijó una plancha de lata a cada lado (ver figura 2-34) para que adquiriera la forma deseada para aplicar los químicos requeridos.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-34. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE PROTOTIPADO.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-35. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE FINAL ESTANQUE.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-36. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE FINAL DE ESTANQUE.

Una vez finalizado el armado del molde, se le añadió Gelcoat (ver figura 2-37).

El Gelcoat es una resina utilizada en la construcción de moldes para la fabricación de piezas de fibra de vidrio. Se aplica como una capa inicial en el interior del molde para crear una superficie lisa y protectora.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-37. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE GELCOAT.

Y Finalmente, se le aplicaron capas de fibra de vidrio (ver figura 2-38).

La fibra de vidrio es un material compuesto que se forma al entrelazar numerosos filamentos cerámicos basados en SiO_2 y unirlos con una resina de poliéster. Este material se emplea para fortalecer estructuras, mejorar la resistencia y reducir el peso de los componentes.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-38. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROCESO DE FIBRA DE VIDRIO.

Para el proceso de fabricación de los módulos, se diseñó un molde de lata, el cual fue cortado utilizando la máquina WaterJet (ver figura 2-39). Esta máquina emplea un chorro homogéneo de partículas abrasivas y agua para realizar cortes precisos.



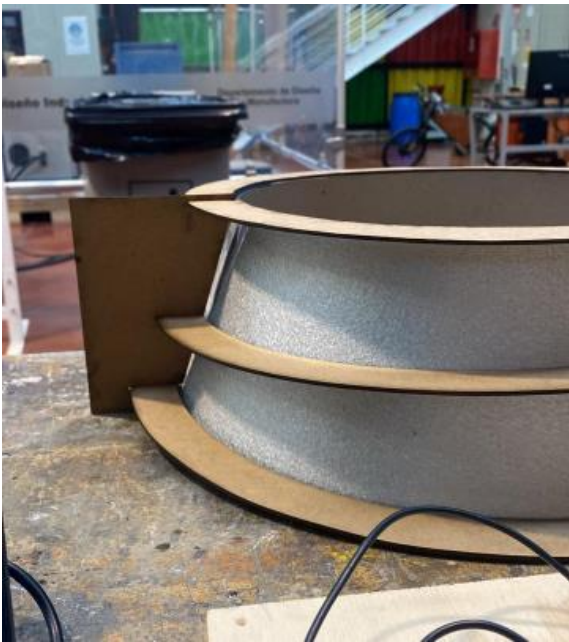
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-39. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CORTE POR WATERJET.

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-40. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MOLDE MÓDULOS.

Los módulos se diseñaron en forma de cono truncado (ver figura 2-40 y 2-41) para facilitar el ensamblaje completo del prototipo. Para esto, se realizó un sellado mediante un engatillado. Para asegurar la forma circular de los módulos y evitar deformaciones, se añadieron anillos de refuerzo.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-41. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SOPORTE DE ANILLOS.

Una vez listo el molde del módulo se le añade Gelcoat. Luego, se juntan ambos módulos, y se aplica fibra de vidrio para unirlos finalmente (ver figura 2-42).



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-42. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE UNIÓN DE MOLDES.

Una vez que la fibra de vidrio haya secado, comienza el proceso de desmoldeo. Para facilitar este proceso, se aplicó previamente una gruesa capa de cera antes de añadir el gelcoat.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-43. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO DE CUADERNAS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-44. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO DE MÓDULOS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-45. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-46. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DESMOLDEO FINAL.

Para realizar los cuatro agujeros donde irán instaladas las cestas, se ocupó una cierra de copa, perforando el módulo (ver figura 2-47).



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-47. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SIERRA COPA.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-48. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE AGUJEROS.

El molde del módulo se reutilizó para fabricar la otra mitad del módulo.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-49. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROTOTIPO.

Una vez finalizada esta etapa, comienza el proceso de enmasillar y lijar (ver figura 2-50).

La masilla ayuda a rellenar imperfecciones y grietas en la superficie, mientras que lijar suaviza y nivela la superficie. Este ciclo se repite hasta obtener una terminación lisa y perfecta, asegurando que el producto final tenga una calidad óptima en apariencia.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-50. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENMASILLADO Y LIJADO.

Luego de obtener la terminación esperada, se aplican varias capas de aparejo (ver figura 2-51). Este material se utiliza para preparar la superficie antes de la pintura final, ya que rellena pequeñas imperfecciones y proporciona una base adecuada para que la pintura se adhiera mejor.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-51. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE APAREJO.

Para finalizar este proceso, se imprimen las cestas, la rejilla y los soportes utilizando una impresora 3D (ver figura 2-52 y 2-53).

Los soportes se diseñaron para reemplazar los anillos originales, que tenían los soportes para fijar un anillo más grande. Esta modificación facilita el uso del anillo guía y mejora la integración con la estructura de fibra de vidrio.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-52. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CESTAS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-53. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE SOPORTES.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-56. REGISTO FOTOGRÁFICO SISTEMA INTERIOR.

Se diseñó un soporte específico para fijar la bomba en su lugar, y se le acopló un tubo PVC para permitir que el agua fluya a lo largo del sistema hidropónico vertical (ver figura 2-56).



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 2-57. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISEÑO PROTOTIPO FINALIZADO.

Finalmente, se puede observar el prototipo terminado (ver figura 2-57).

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN FINANCIERA

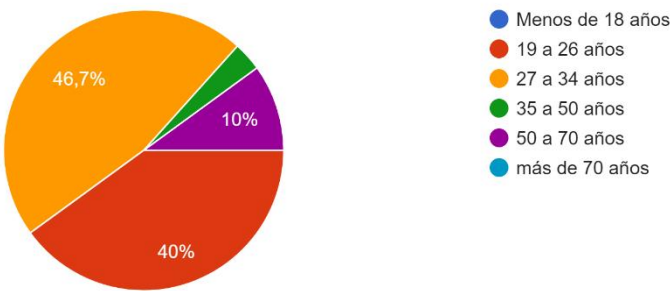
El siguiente capítulo incluye un estudio de mercado para identificar el segmento objetivo y evaluar la demanda del sistema hidropónico. Se realizó un estudio de costos de fabricación, abarcando los costos de materia prima, mano de obra y maquinaria para determinar el costo por unidad. A partir de estos datos, se desarrolló un flujo de caja proyectado para evaluar la viabilidad del producto a nivel masivo. El análisis proporciona una visión completa de los márgenes de ganancia y la rentabilidad del proyecto en distintos escenarios de producción y venta.

3.1 EVALUACIÓN DE MERCADO OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Se ha realizado una encuesta para saber la persona objetivo a la que irá enfocada este producto.

El rango de edad de la mayoría de las personas que contestaron esta encuesta, va de los 27 a los 34 años, los cuales el 86,7% de estos residen en la región de Valparaíso.

Indique su rango de edad
30 respuestas



Fuente: Elaboración propia, estudio de segmentación.

GRÁFICO 3-1. ENCUESTA SEGMENTO.

¿En qué región reside?
30 respuestas



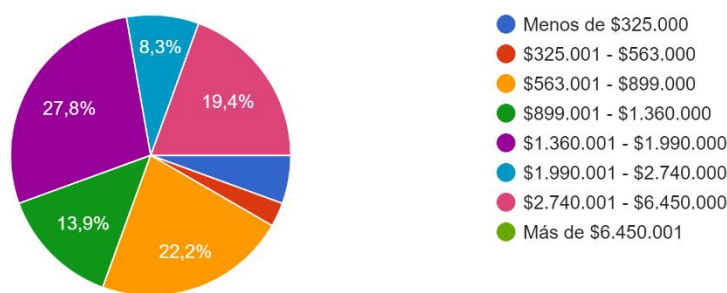
Fuente: Elaboración propia, estudio de segmentación.

GRÁFICO 3-2. ENCUESTA SEGMENTO.

Al preguntarles, cual es el promedio de ingresos mensual en sus hogares, el 27,8% recibe entre \$1.360.000 a los \$1.990.000.

A los encuestados se les explicó el funcionamiento del sistema y se les dio a conocer el diseño de este, a lo que el 90,3% estaría dispuesto a instalar el sistema en sus casas.

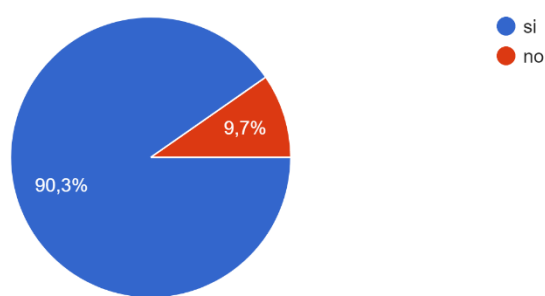
¿Cuánto ingreso percibe su familia en promedio mensual?
36 respuestas



Fuente: Elaboración propia, estudio de segmentación.

GRÁFICO 3-3. ENCUESTA SEGMENTO.

¿Estaría dispuesto a instalar este sistema en su hogar? (Considerando que mide app 1 metro)
31 respuestas

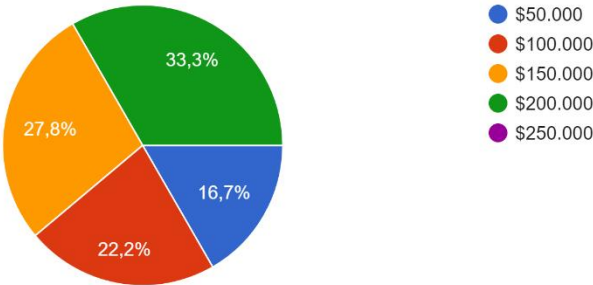


Fuente: Elaboración propia, estudio de segmentación.

GRÁFICO 3-4. ENCUESTA SEGMENTO.

La última pregunta que se les hizo fue de cuanto estarían dispuestos a pagar por este sistema, a lo que el 33,3% estarían conformes pagando \$200.000, siguiéndolo de un 27,8% que pagarían \$150.000. Por lo que, el rango de precio a lo que la gente pagaría por este producto, ronda entre los \$150.000 y los \$200.000.

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este nuevo producto?
18 respuestas



Fuente: Elaboración propia, estudio de segmentación.

GRÁFICO 3-5. ENCUESTA SEGMENTO.

Para evaluar el mercado objetivo se ha centrado en la cantidad de viviendas ubicadas en Viña del mar. De acuerdo al Censo del 2002 el total comunal de viviendas entre casas y departamentos solo en viña del mar corresponde aproximadamente a 100.000 viviendas, de acuerdo a esta información se seleccionaron solo los sectores de la población objetivo llegando aproximadamente 55.200 viviendas. La cuota de mercado que se abordaría sería de un 1% inicialmente la que irá aumentando en forma anual.

TABLA 3-1 DISTRIBUCIÓN DE LAS VIVIENDAS SEGÚN SU TIPO Y SECTORES DE LA COMUNA DE VIÑA DEL MAR.

Distribución de las viviendas según su tipo y sectores de la Comuna de Viña del Mar.

SECTORES	Viviendas Catastradas	Casa	Depto. en Edificio	Piezas en casa Antigua o conventillo	Mejora, Mediagua	Rancho, Chozo	Móvil(Carpa, Vagón, Bote, Similar)	Otro tipo de vivienda particular	Vivienda Colectiva	Viajeros(no es considerado vivienda)
Nueva Aurora	5.651	4.430	1.051	22	119	6	0	15	8	0
Recreo	9.620	5.921	3.499	68	34	5	0	35	58	0
Forestal	9.323	7.357	1.423	54	434	16	2	15	22	0
Chorrillos	2.493	2.205	202	29	44	1	0	5	7	0
Viña Oriente	8.462	6.522	1.784	7	115	6	3	15	10	0
Miraflores	8.563	5.223	3.112	20	156	9	0	16	27	0
Santa Inés	4.092	2.647	1.265	106	28	2	0	12	32	0
Plan	19.084	4.924	13.557	139	8	6	43	68	336	3
Achupallas	10.248	8.723	962	67	425	24	1	32	14	0
Gómez Carreño	5.911	3.416	2.444	0	4	2	1	13	31	0
Reñaca Alto	7.548	5.456	1.764	28	258	12	1	13	16	0
Reñaca	8.365	2.946	5.305	7	6	1	2	66	32	0
Rezagados	262	186	78	0	2	1	0	0	0	0
Total Comunal	99.622	59.956	36.441	547	1.633	91	53	305	593	3

Fuente: INE, Censo de Población y Vivienda Año 2002 / SECPLA, I.Municipalidad de Viña del Mar.
Nota: Rezagados : Representa a todas las personas a nivel comunal que fueron encuestadas, sin poder determinar su ubicación geográfica.

Fuente: INE, Censo de Población y Vivienda Año 2002 / SECPLA, I.Municipalidad de Viña del Mar.

La población objetivo se encuentra ubicada en hogares pertenecientes a los grupos socioeconómicos AB, C1 y C2, los cuales son familias que prefieren productos y servicios de alta calidad o premium que puede estar compuesto por uno o dos jefes de hogar, los que trabajan a tiempo completo y cuyas tendencias son vivir en un ambiente sano, ya que, de acuerdo a las tendencias sociales actuales las personas están teniendo mayor respeto hacia el medio ambiente lo que significa el cuidado del agua, el cuidado de la tierra y el

consumo de productos naturales y sanos, descartando aquellos productos químicos y no naturales. Actualmente la forma de adquirir estos bienes de consumos naturales y sanos solo son vendidos por pequeñas empresas o negocios familiares, los cuales no existen en gran cantidad.

3.2 EVALUACIÓN FINANCIERA PARA ESTABLCEER LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

A continuación, se analizará de forma financiera la fabricación del sistema hidropónico a través de dos métodos. Uno de ellos será el cálculo del costo de producción a nivel individual y el segundo es la evaluación de la viabilidad en la implementación de un proyecto de fabricación y venta de dicho sistema.

3.2.1 ESTUDIO DE COSTOS POR UNIDAD

3.2.1.1 MATERIA PRIMA

El presente estudio se centra en la determinación de los componentes principales que integran la materia prima directa utilizada para la fabricación de un sistema hidropónico. En la tabla 3-2 se presenta el desglose de cada uno de los elementos y su correspondiente costo por sistema.

- Canastillas: Se requiere un total de 4 canastillas por sistema, con un costo unitario de \$140, sumando un total de \$560.
- Esponjas: Se utilizan 4 esponjas, cuyo costo total asciende a \$951.
- Bomba de Agua: Según las características y especificaciones, el valor aproximado es de \$11.690 por unidad para mantener un flujo de agua adecuado dentro del sistema.
- Pellet de Polipropileno (PP): Se consideran 3 Kg por unidad, con un costo total de \$6.188.
- Manguera: Se utiliza app 1 metro por producto, con un valor de \$529, que corresponde a la conducción de agua entre los distintos módulos del sistema.
- Otros: En esta categoría se consideran elementos varios, con un costo aproximado de \$4.481.

El total de la materia prima directa necesaria para la fabricación de un sistema hidropónico asciende a \$24.399.

TABLA 3-2 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER.

MATERIA PRIMA DIRECTA		
Descripción	Q	x Sistema
Canastillas	4	\$ 560
Esponjas	4	\$ 951
Bomba de Agua	1	\$ 11.690
Pellet PP	3	\$ 6.188
Manguera	1	\$ 529
Otros		\$ 4.481
TOTAL MATERIA PRIMA DIRECTA POR SISTEMA		\$ 24.399

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

3.2.1.2 HORA HOMBRE

El costo de mano de obra directa se calcula tomando en cuenta el tiempo empleado por el personal para la fabricación de un sistema hidropónico y la remuneración mensual correspondiente. En este caso, el análisis considera los siguientes aspectos:

- Remuneración Mensual: El salario mensual del operario es de \$800.000, basado en un total de 172 horas trabajadas en un mes, lo que equivale a una jornada laboral completa.
- Costo de Hora Hombre (HH) por Sistema: Para la fabricación de un sistema se requieren 3,8 horas hombre (HH). Con una remuneración unitaria de \$4.651 por hora, el costo total de mano de obra directa por sistema asciende a \$17.674.

El valor calculado de \$17.674 en la tabla 3-3 representa el costo directo de mano de obra para la producción de una unidad, considerando la proporción del tiempo requerido para cada tarea específica dentro del proceso de manufactura.

TABLA 3-3 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER.

MANO DE OBRA DIRECTA		
Descripción	HH	\$
Mensual	172	\$ 800.000
HH x Sistema /\$HH Unitaria	3,8	\$ 4.651
TOTAL HORA HOMBRE POR SISTEMA		\$ 17.674

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

3.2.1.3 HORA MÁQUINA

El costo de uso de maquinaria se refiere a la utilización de equipos específicos durante el proceso de fabricación. Este cálculo se basa en el tiempo total de operación de

las máquinas y el costo por hora máquina (HM) necesario para producir una unidad. Según el SII las maquinarias tienen una vida útil de 10 años, por lo que con este dato se puede calcular el uso de la rotomoldeadora. A continuación, se detallan los componentes considerados:

- Horas Máquina Totales: Se ha determinado que las horas de operación total de las máquinas es de 21.120, generando un costo acumulado de \$18.425.800.
- Costo por Hora Máquina (HM) Unitaria: El costo unitario por hora de operación de las máquinas es de \$872. Este valor refleja el costo promedio por uso de las máquinas.
- Horas Máquina Requeridas por Sistema: La fabricación de un sistema requiere un total de 4 horas app. de uso de las máquinas. Aplicando el costo unitario (\$872).

Finalmente, se estima que el costo total de la maquinaria necesaria para fabricar un sistema hidropónico es de \$3.490

TABLA 3-4 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER.

MAQUINAS		
Descripción	HM	\$
Horas máquinas Totales	21120	18.425.800
HM x Sistema /\$HM Unitaria	4	\$ 872
TOTAL HORA MAQUINA POR SISTEMA		\$ 3.490

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

Según los resultados obtenidos a partir de las tablas 3-2, 3-3 y 3-4, se ha determinado que el costo de fabricación por unidad de un sistema hidropónico asciende a \$45.563. Este valor incluye los costos de materia prima directa, los costos de mano de obra directa y los costos de uso de maquinaria necesarios para la producción de un sistema completo.

3.2.2 VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE FABRICACIÓN Y VENTA DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL.

3.2.2.1 INGRESOS

La población objetivo, como se indicó anteriormente es de 55.211 viviendas, de las cuales se proyecta como cuota de mercado abarcar sólo un 1% inicialmente, tasa que aumentará a un 1.2% y 1.4% segundo y tercer año respectivamente, como lo indica la tabla 1.

TABLA 3-5 UNIDADES A PRODUCIR Y VENDER.

Demandantes Potenciales Comuna Viña del Mar		Población Objetivo
Casas	59.956	27.742
Departamentos	36.441	27.469
Otras	5.271	
Total	101.668	55.211
		55.200

Año	Población Objetivo	Cuota	Unidades a Producir
1	55.200	1,00%	552
2	55.200	1,20%	662
3	55.200	1,40%	773

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero.

Por otro lado, la capacidad máxima de producción estimada para 1 operario es de 2 unidades diarias, el proyecto considera sólo 2 operarios, los que anualmente (20 días hábiles) lograrán una producción de 960 unidades, cantidad máxima considerada para la proyección de venta anual.

El precio de venta se determina aplicándole un margen de ganancia al punto de equilibrio, donde los ingresos igualen a los egresos.

3.2.2.2 EGRESOS

TABLA 3-6 DETALLE DE COSTO DE VENTA.

MATERIA PRIMA DIRECTA				
Descripción	Q	\$	x Sistema	Total x sistema
Canastillas	50 U	\$ 6.995	4	\$ 560
Esponjas	50 U	\$ 11.890	4	\$ 951
Bomba de Agua	1	\$ 11.690	1	\$ 11.690
Pellet PP	25 Kgs	\$ 51.566	3	\$ 6.188
Manguera	10 mt	\$ 5.290	1	\$ 529
Manual	1	\$ 100	1	\$ 100
Caja Embalaje	1	\$ 500	1	\$ 500
TOTAL MATERIA PRIMA DIRECTA POR SISTEMA				\$ 20.518

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

TABLA 3-7 DETALLE DE COSTO DE VENTA.

MANO DE OBRA DIRECTA				
Descripción	Q	\$	HH Mensual	HH x Sistema
Operario	2	\$ 800.000	172,0	3,8
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA ANUAL				\$ 19.200.000

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

TABLA 3-8 DETALLE DE COSTO DE VENTA.

COSTO INDIRECTO DE FABRICACION (CIF)					
Descripción	Q	\$	x Sistema	Total x sistema	
Uso Máquina	1	\$ 872	4	\$ 1.926.334	
OVEROL	1	\$ 12.290	4	\$ 49.160	
GUANTES	1	\$ 1.300	6	\$ 7.800	
LENTES DE SEGURIDAD	1	\$ 1.460	6	\$ 8.760	
ZAPATOS DE SEGURIDAD	1	\$ 24.792	4	\$ 99.168	
PROTECTORES AUDITIVOS	1	\$ 250	24	\$ 6.000	
HUINCHA DE MEDIR	1	\$ 4.290	2	\$ 8.580	
ESMERIL ANGULAR	1	\$ 17.843	2	\$ 35.686	
DISCOS DE CORTE	1	\$ 8.880	10	\$ 88.800	
DISCOS DE PULIDO	1	\$ 19.435	10	\$ 194.350	
ESCUADRAS Y REGLAS	1	\$ 6.330	4	\$ 25.320	
LIJAS	1	\$ 390	500	\$ 195.000	
ADHESIVOS	1	\$ 16.790	12	\$ 201.480	
PRENSAS	1	\$ 21.090	6	\$ 126.540	
MANTENCIÓN MAQUINARIA	1	\$ 500.000	2	\$ 1.000.000	
CUCHILLO CARTONERO	1	\$ 6.990	12	\$ 83.880	
PIE DE METRO	1	\$ 5.990	2	\$ 11.980	\$ 2.142.504
TOTAL COSTOS INDIRECTOS POR SISTEMA				\$ 4.068.838	\$ 2.142.504
					3881,347826

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

TABLA 3-9 DETALLE DE COSTO DE VENTA.

COSTOS DE VENTA			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Detalle		HH	552	662	773
MATERIA PRIMA	\$ 20.518		\$ 20.518	\$ 20.518	\$ 20.518
MANO DE OBRA	\$ 19.200.000		\$ 34.783	\$ 28.986	\$ 24.845
CIF	\$ 4.068.838		\$ 7.371	\$ 6.143	\$ 5.265
TOTAL COSTO DE PRODUCCION POR SISTEMA			\$ 62.671	\$ 55.646	\$ 50.627

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

TABLA 3-10 DETALLE DE GASTOS ADMINISTRATIVOS.

GASTOS	
Gastos de Administración y Ventas	
Administrador	\$ 1.000.000
Gastos de Publicidad	\$ 200.000
Aseo	\$ 160.000
Utensilios e Insumos	\$ 30.000
Implementos	\$ 250.000
Arriendo	\$ 750.000
Gastos Generales (Agua-Luz-Internet, etc)	\$ 400.000
Total Mensual	\$ 2.790.000
Total anual	\$ 33.480.000

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero

3.2.2.3 INVERSIÓN INICIAL

De acuerdo a precios de mercado de diversos proveedores, se desglosa cantidad de activos requeridos para el proyecto y su valor de mercado en pesos.

TABLA 3-11 INVERSIÓN INICIAL.

INVERSIÓN	Valor	Cantidad	Total	VU	Depreciación
EQUIPOS DE VENTILACION Y EXTRACCION DE HUMO	\$ 102.426	\$ 1	\$ 102.426		
ROTOMOLDEADORA	\$ 18.425.800	\$ 1	\$ 18.425.800	10	1.842.580
ROUTER CNC	\$ 6.990.000	\$ 1	\$ 6.990.000	15	466.000
EQUIPOS DE COMPUTACIÓN	\$ 800.000	\$ 2	\$ 1.600.000	2	800.000
IMPRESORA 3 D	\$ 500.000	\$ 2	\$ 1.000.000	15	66.667
TOTAL INVERSION			\$ 28.118.226		3.175.247

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero.

Fuente: [Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, SII.CL](#)

3.2.2.4 **CAPITAL DE TRABAJO**

Para el cálculo del Capital de Trabajo, recursos necesarios para operar los primeros meses, donde los ingresos podrían ser insuficientes para mantener en operación el proyecto, se ha decidido contar con dos meses de los egresos totales del primer año:

Costos de Venta : 34.594.619
Gastos : 33.480.000
Total Egresos : 68.074.619
Egresos Mensuales: 5.672.885
2 Meses Provisión: 11.345.770

3.2.2.5 **CRÉDITO BANCARIO**

Para un financiamiento mixto, se propone financiar el 60% de la inversión inicial con un crédito bancario a 3 años, con cuotas mensuales, pactado a una tasa del 20% efectivo anual, equivalente al 1.53% efectivo mensual. A continuación, se muestra la tabla de amortización del crédito bancario:

TABLA 3-12 PRÉSTAMO A 3 AÑOS.

Monto Inversión	\$ 41.133.596	Préstamo	\$24.680.158	
Tasa de Interés	20%	Mensual	1,53%	
Nº Cuotas	36			
Cuota	Monto Cuota	Amortización	Interés	Saldo
	\$-896.710,22		1,53%	\$ 24.680.158
1	\$ 896.710	\$ 519.104	\$ 377.606	\$ 24.161.054
2	\$ 896.710	\$ 527.046	\$ 369.664	\$ 23.634.008
3	\$ 896.710	\$ 535.110	\$ 361.600	\$ 23.098.898
4	\$ 896.710	\$ 543.297	\$ 353.413	\$ 22.555.601
5	\$ 896.710	\$ 551.610	\$ 345.101	\$ 22.003.991
6	\$ 896.710	\$ 560.049	\$ 336.661	\$ 21.443.942
7	\$ 896.710	\$ 568.618	\$ 328.092	\$ 20.875.324
8	\$ 896.710	\$ 577.318	\$ 319.392	\$ 20.298.006
9	\$ 896.710	\$ 586.151	\$ 310.559	\$ 19.711.856
10	\$ 896.710	\$ 595.119	\$ 301.591	\$ 19.116.737
11	\$ 896.710	\$ 604.224	\$ 292.486	\$ 18.512.513
12	\$ 896.710	\$ 613.469	\$ 283.241	\$ 17.899.044
13	\$ 896.710	\$ 622.855	\$ 273.855	\$ 17.276.189
14	\$ 896.710	\$ 632.385	\$ 264.326	\$ 16.643.804
15	\$ 896.710	\$ 642.060	\$ 254.650	\$ 16.001.744
16	\$ 896.710	\$ 651.884	\$ 244.827	\$ 15.349.861
17	\$ 896.710	\$ 661.857	\$ 234.853	\$ 14.688.004
18	\$ 896.710	\$ 671.984	\$ 224.726	\$ 14.016.020
19	\$ 896.710	\$ 682.265	\$ 214.445	\$ 13.333.755
20	\$ 896.710	\$ 692.704	\$ 204.006	\$ 12.641.051
21	\$ 896.710	\$ 703.302	\$ 193.408	\$ 11.937.749
22	\$ 896.710	\$ 714.063	\$ 182.648	\$ 11.223.686
23	\$ 896.710	\$ 724.988	\$ 171.722	\$ 10.498.698
24	\$ 896.710	\$ 736.080	\$ 160.630	\$ 9.762.618
25	\$ 896.710	\$ 747.342	\$ 149.368	\$ 9.015.276
26	\$ 896.710	\$ 758.777	\$ 137.934	\$ 8.256.499
27	\$ 896.710	\$ 770.386	\$ 126.324	\$ 7.486.114
28	\$ 896.710	\$ 782.173	\$ 114.538	\$ 6.703.941
29	\$ 896.710	\$ 794.140	\$ 102.570	\$ 5.909.801
30	\$ 896.710	\$ 806.290	\$ 90.420	\$ 5.103.511
31	\$ 896.710	\$ 818.627	\$ 78.084	\$ 4.284.884
32	\$ 896.710	\$ 831.151	\$ 65.559	\$ 3.453.733
33	\$ 896.710	\$ 843.868	\$ 52.842	\$ 2.609.865
34	\$ 896.710	\$ 856.779	\$ 39.931	\$ 1.753.085
35	\$ 896.710	\$ 869.888	\$ 26.822	\$ 883.197
36	\$ 896.710	\$ 883.197	\$ 13.513	\$ -0

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero.

3.2.2.6 FINANCIAMIENTO Y COSTO DE CAPITAL

Para poder determinar la viabilidad o factibilidad del proyecto se deben llevar los flujos al presente para ver si el proyecto es capaz de entregar la rentabilidad y tasa de interés comprometida con los que están financiando el proyecto y devolver la inversión que financiaron. Para esto es necesario descontar los flujos a una determinada tasa, para lo cual se considerarán dos alternativas:

1. Financiamiento sólo con inversionista: Para el cálculo de la tasa de rentabilidad del inversionista (k_e), ésta será calculada a través del método de CAPM (Capital Asset Pricing Model), con la siguiente fórmula:

Fórmula 3 – 1 $k_e = R_f + \beta \times (R_m - R_f)$

Donde:

R_f = Tasa libre de riesgo

β = Beta o Riesgo del sector Industrial

R_m = Rentabilidad de Mercado

2. Financiamiento Mixto: Financiamiento a través de un crédito y Financiamiento con un inversionista. Se usará la tasa promedio ponderado calculada a través de WACC (Weighted Average Cost of Capital o costo promedio ponderado del capital (CPPC)).

Fórmula 3 – 2 $WACC = \left[k_d \times (1 - t) \times \frac{D}{D + E} \right] + \left[k_e \times \frac{E}{D + E} \right]$

Donde:

k_d = Costo de la Deuda

k_e = Rentabilidad del inversionista

t = Tasa de Impuesto

$\frac{D}{D + E}$ = Proporción Financiada por deuda

$\frac{E}{D + E}$ = Proporción Financiado por Inversionista

3.2.2.7 COSTO CAPITAL DEL INVERSIONISTA k_e ; CAPM

Para el cálculo de la Rentabilidad del inversionista, ésta se calculará a través del CAPM:

- Tasa libre de riesgo: Rentabilidad a la que puede invertir su dinero el inversionista con bajo riesgo, la que se determinó en base a un depósito a plazo que actualmente está rentando un 5 % anual aproximadamente.
- Rentabilidad de Mercado: Rentabilidad que podría estar percibiendo el inversionista si decide invertir su dinero en instrumentos que renten más pero que tengan un alto nivel de riesgo como por ejemplo las acciones o el IPSA, pero como esta ha tenido una rentabilidad muy baja se ha decidido establecer o calcular el CAPM el premio por riesgo ($R_m - R_f$)
- Beta: Se decidió mantener en 1,2 asumiendo que el proyecto se enfrentará a un riesgo mayor debido a que el producto se orienta a una población de mayor poder adquisitivo, por lo tanto, al no ser un producto de primera necesidad podría estar fuertemente afectado ante variaciones de indicadores macroeconómicos.

Fórmula 3 – 3 $CAPM = R_m - R_f$

$$CAPM = 0.05 + 1.2 \times (0.08) = 14.6\%$$

$$k_e \approx 15\%$$

3.2.2.8 COSTO PROMEDIO PONDERADO K_o; WACC

Para el cálculo del costo promedio ponderado, se utiliza la formula del WACC, la que se describe a continuación

- K_d = Tasa de interés bancaria, se trabajará con el 20% efectivo anual
- $\frac{D}{D+E} = 60\%$ Fondos aportados por deuda
- $\frac{E}{D+E} = 40\%$ Fondos aportados por Inversionista

- Tasa de Interés Bancaria: De acuerdo con la información de mercado, la tasa anual promedio ofrecida por instituciones financieras asciende a un 20% anual.

- Deuda: Se ha decidido financiar el 60% de la inversión inicial con deuda o crédito bancario. Esto representa un crédito por \$32.998.284 de la inversión inicial.

- Inversionista: La diferencia, es decir el 40% de la inversión inicial, será financiada por los inversionistas. Esto representa \$21.998.856 de la inversión inicial.

$$WACC = [0.2 \times (1 - 0.27) \times 0.6] + [0.15 \times 0.4] = 14.76\%$$

$$k_o \approx 15\%$$

Para este proyecto, ambas tasas, tanto del inversionista como la tasa ponderada, son similares, por lo que se usará indistintamente del flujo, una tasa de descuento del 15%.

3.2.3 EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

3.2.3.1 PROYECCIÓN DE FLUJOS DE CAJA

Se evaluarán los flujos del proyecto tanto financiado con inversionistas, como en forma mixta a través de la herramienta VAN (Valor Actual Neto), donde se traen al presente todos los flujos proyectados (a 3 años) a la tasa costo de capital del 15%. Esta tasa es la misma, como se explicó anteriormente, para las diferentes formas de financiamiento. Para la elaboración de los flujos, se aplicó una tasa de inflación promedio del 4% anual.

TABLA 3-13 PROYECCION DE FLUJOS DE CAJA

EVALUACION PROYECTO: FLUJOS DE CAJA A 3 AÑOS EN PESOS				
Detalle	En pesos \$	1	2	3
Ingresos		102.111.929	127.435.687	148.674.968
C.Venta		-34.594.619	-38.334.166	-40.689.929
Margen		67.517.310	89.101.521	107.985.039
Depreciación		-3.175.247	-3.175.247	-3.175.247
Gastos		-33.480.000	-34.819.200	-34.819.200
Utilidades a Impuesto		30.862.063	51.107.074	69.990.592
Impuesto		-8.332.757	-13.798.910	-18.897.460
Utilidad d Impuesto		22.529.306	37.308.164	51.093.133
Depreciación		3.175.247	3.175.247	3.175.247
A.Fijos (Anexo)	-28.118.226			
GOPM	-1.000.000			
Imprevistos	-669.600	-696.384	-696.384	
Capital de Trabajo	-11.345.770			11.345.770
Flujo Económico Total	-41.133.596	25.008.169	39.787.027	65.614.149
Amortización	24.680.158	6.781.114	8.136.426	9.762.618
Interés		3.979.409	2.624.097	997.905
Beneficio Tributario		1.074.440	708.506	269.434
Flujo Préstamo	24.680.158	-9.686.082	-10.052.016	-10.491.088
FLUJO FINANCIERO	-16.453.438	15.322.086	29.735.010	55.123.061

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero.

3.2.3.2 EVALUACIÓN DE FLUJOS DE CAJA (VAN)

Para ambas alternativas, el VAN arroja resultado positivo, indicando que el proyecto es viable (tabla 3-14), pues además de lograr cubrir todos los gastos, de entregar la rentabilidad del 15% al inversionista y devolver el monto de la inversión, queda un excedente, que podría ser reinvertido.

Cabe recordar, que el proyecto económico se considera un financiamiento del 100% con fondos de inversionistas y el flujo financiado con un 60% de la inversión financiada con fondos externos. Como ambos resultados son similares, la decisión del financiamiento sólo radica en el riesgo al que se desea exponer el proyecto.

TABLA 3-14 CALCULO VAN

VAN ECONOMICO	55.598.362
VAN FINANCIERO	53.839.714
Tasa de Descuento	15%

Fuente: Elaboración propia, estudio financiero.

- Las variables críticas de este proyecto vendrían siendo la cantidad vendida y el precio de venta determinando que con una cantidad de menos de 500 unidades no convendría hacerlo porque el proyecto entregaría un VAN negativo, por otro lado, si el mínimo precio al que se puede vender el producto es de \$120.000 pues bajo, esto el VAN también sería negativo, logrando que el proyecto no sea viable.

CONCLUSIÓN

El proyecto desarrollado aborda de manera integral las necesidades actuales de producción de alimentos en lugares con limitaciones de espacio y recursos, proponiendo un sistema de cultivo vertical modular como solución. Se llevó a cabo un análisis de las necesidades de producción eficiente, identificando las ventajas de los sistemas de cultivo en espacios cerrados, y su potencial para maximizar el rendimiento en entornos urbanos. Los resultados del estudio destacan que este tipo de cultivo puede ofrecer una alternativa eficiente para la producción alimentaria, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad.

El prototipo fue diseñado teniendo en cuenta características técnicas y funcionales específicas, como la distribución de agua y el manejo de recursos, para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema. Cada componente fue evaluado, resultando en un sistema que equilibra funcionalidad y facilidad de uso. Se priorizó la eficiencia del riego y el uso responsable del agua, buscando una implementación que minimice el consumo hídrico sin sacrificar la calidad del cultivo. El enfoque modular del diseño permite una configuración adaptable, adecuada para distintas necesidades y espacios, lo cual es una de las principales innovaciones del proyecto.

Asimismo, la evaluación económica del prototipo mostró que los costos de producción son competitivos frente a las alternativas tradicionales, presentando un producto con potencial de rentabilidad en el mercado. Los costos de los materiales y su posible valor de venta fueron considerados en detalle, revelando que el sistema no solo es viable desde un punto de vista técnico, sino también económico. La investigación de mercado realizada mediante encuestas demostró un alto interés entre los potenciales usuarios, validando la propuesta como una solución atractiva y sostenible.

RECOMENDACIONES

Una recomendación para futuras iteraciones es reducir el tamaño del modelo. Durante la construcción, se observó que las dimensiones eran excesivas para un espacio reducido. Sería ideal mantener la altura del sistema, pero disminuir las dimensiones de ancho.

Otra recomendación para complementar, sería incorporar una base con un motor interno para que el sistema gire de manera continua. Esto es especialmente útil en espacios cerrados donde la luz solo llega desde un ángulo frontal. La rotación del sistema garantizaría que todas las plantas reciban una cantidad uniforme de luz durante el día, mejorando así su crecimiento y desarrollo.

Al fabricar y evaluar el prototipo final, se decidió reemplazar el sistema de soporte, incluyendo los anillos interiores, brazos y anillos exteriores, por los soportes utilizados en la construcción del sistema. Esta modificación permite reducir el uso de materiales, así como optimizar el tiempo y los procesos de fabricación como optimizar el tiempo y los procesos de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-39699793>
- <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39443445>
- <https://huertolia.com/tiempo-de-cuidado-diario-de-un-huerto-hidroponico-guia-completa/>
- <https://whyfarmit.com/hydroponic-tomatoes/>
- <https://agrotonomy.com/tomato-farming-using-hydroponic-towers/>
- <https://infoinvi.uchilefau.cl/18-disminuyo-el-tamano-promedio-de-los-departamentos-en-la-region-metropolitana/>
- <file:///C:/Users/Pavilion/Documents/U%20y%20Trabajos/Seminario%20de%20titulo/Analisis-diseno-y-construccion-de-un-sistema-hidroponico-automatizado-para-autoconsumo-de-vegetales.pdf>
- <https://blog.oxfamintermon.org/los-7-problemas-del-medio-ambiente-mas-graves/>
- <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-hidroponia-y-ventajas#:~:text=Los%20cultivos%20hidrop%C3%B3nicos%20se%20basan,frente%20a%20la%20agricultura%20tradicional.>
- https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=3&products_id=592
- <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua/>
- <https://es.ucsusa.org/recursos/carros-camiones-buses-contaminacion>
- <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1174443&idParte=10322783>
- <https://www.odepa.gob.cl/sustentabilidad/agricultura-sustentable/agua#:~:text=En%20Chile%2C%20como%20es%20una,a%C3%B1o%20agr%C3%ADcola%202020%20%E2%80%93%202021>
- <https://www.fontanerialucero.es/cuanto-agua-es-necesaria-para-cultivar-un-huerto/#!>
- <https://mejorconsalud.as.com/razones-comer-tomates-7-dias-semana/>
- <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/TOMATE-Cosecha-y-Manejo-Postcosecha-v2007.pdf>
- <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6818/Capitulo%201.%20Tomate.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9653>
- <https://www.munivina.cl/uploads/2014/07/20140729225251pagina2011051500244831.pdf>

- <https://www.huertatiama.com/producto/tomate-de-pera>
- <https://www.arkiplus.com/hidroponia-vertical>