



# ***INFORME DE PROYECTO FINAL: MÓDULO DE HIDROPONÍA PARA CULTIVO DOMÉSTICO***

Ingeniería ELECTROMECAÁNICA



**Autores**

Luciano DIMARI  
Nicolás RODRÍGUEZ ÁLVAREZ  
Santiago ABARCA  
Emanuel MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL –  
FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL

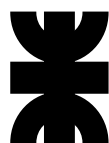


## CONTENIDO

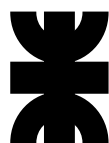
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
Planteamiento del problema .....	8
Objetivos.....	10
Organigrama.....	11
Matriz RACI .....	11
MARCO TEÓRICO.....	12
Actualidad.....	12
Agua en la planta.....	13
Balance del agua en la planta .....	13
Funciones del agua.....	14
Potencial químico del agua .....	15
Movimiento del agua dentro de la planta .....	15
Resistencias hidráulicas.....	18
Gutación.....	18
Fotosíntesis .....	18
Etapas de la fotosíntesis .....	19
Etapa bioquímica: .....	20
Fijación de CO <sub>2</sub> en la planta C <sub>3</sub> .....	20
factores que afectan a la fotosíntesis en las plantas c <sub>3</sub> y c <sub>4</sub> . .....	20
Conclusión sobre las etapas .....	21
Nutrición mineral.....	21
Macronutrientes y Micronutrientes.....	22
Macronutrientes y sus funciones .....	22
Micronutrientes y sus funciones .....	23
Control de concentración de nutrientes .....	25
Rendimiento del cultivo hidropónico.....	26
Solución nutritiva .....	26



Ejemplos de algunas soluciones nutritivas .....	26
Conductividad eléctrica de la solución nutritiva .....	27
Sustrato .....	28
Plantas cultivables mediante hidroponía .....	29
Influencia de las condiciones ambientales .....	30
Temperatura del aire .....	30
Ventilación .....	31
MEMORIA DESCRIPTIVA .....	31
Estructural .....	31
hidráulico .....	33
Eléctrico.....	35
Sensores .....	37
Sensor de conductividad eléctrica .....	37
Sensor de nivel .....	38
MEMORIA DE FUNCIONAMIENTO .....	39
Iluminación .....	39
Atomización (riego).....	40
Humidificación .....	41
Regulación de la conductividad eléctrica .....	42
Alarmas .....	43
Nivel bajo de solución nutritiva .....	44
Variación nula en la dosificación de reguladores de ph .....	44
Variación nula en la dosificación de agua o solución nutritiva para el control de CE.....	44
INFORME DE PROGRAMACIÓN .....	44
Funcionamiento general del programa.....	44
PLCnext Engineer.....	45
Bloques funcionales .....	45
Pantalla HMI .....	56
Páginas.....	56
Node-Red .....	60

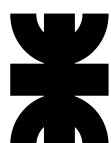


BOT de telegram.....	61
Funcionamiento general.....	63
ESTUDIO DE MERCADO .....	76
análisis previo de la situación .....	76
Área de mercado .....	79
Competencia.....	81
Oferta.....	84
Demanda .....	85
Definición de precio .....	88
Comercialización .....	90
Análisis FODA .....	91
FLUJO DE CAJA.....	93
Elementos del flujo de caja .....	94
Costos .....	94
Estimación de los costos.....	95
Costo de la energía eléctrica.....	96
Costo de agua y gas .....	98
Costo de combustible.....	98
Costos de depreciación.....	100
Horizonte de evaluación .....	100
Estructura de flujo de caja.....	101
Inversión inicial .....	107
Ingresos.....	107
Criterio de evaluación de proyecto.....	108
Criterio del VAN .....	109
Criterio de la tasa interna de retorno (TIR)) .....	110
Inflación .....	110
Tasa de interés de retorno de capital.....	110
tasa libre de riesgo.....	111
Capital asset pricing model (CAMP).....	111
Costo de oportunidad.....	112



Aversión al riesgo.....	112
Riesgo País.....	112
Determinación de la tasa de descuento .....	112
Modelo de negocio.....	113
Organigrama .....	114
EVALUACIÓN DE PROYECTO .....	117
CONCLUSIÓN .....	118
AGRADECIMIENTOS .....	119
BIBLIOGRAFÍA .....	120

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



## PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

## RESUMEN

Las predicciones de la Organización de Naciones Unidas (ONU) indican que, para el año 2050, aproximadamente el 70% de la población mundial va a residir en áreas urbanas, y particularmente en Argentina, esta cifra incrementaría hasta 95%. Este fenómeno recibe el nombre de éxodo rural y está actualmente en proceso. Adicionalmente, la Organización de la Comida y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) ha comprobado que en las últimas dos décadas ha habido una reducción en la superficie cultivada per cápita. En consecuencia, el futuro presentará el siguiente contexto: un aumento en la demanda de frutas y vegetales frescos en áreas urbanas, y una producción que no será capaz de suplirla, creando la necesidad de incrementar la productividad. Una alternativa que ayudaría en este contexto sería la producción doméstica, es decir personas que cultiven parte de su comida, aunque esta tarea requiere de 3 elementos: tiempo, que la mayoría de personas no posee debido a las rutinas modernas; conocimiento botánico para cultivar; y el espacio para llevarlo a cabo, lo cual en las ciudades del futuro, llenas de apartamentos, será casi inexistente.

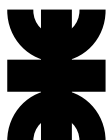
Con este contexto en mente, nace el proyecto Holus. Una solución basada en 3 pilares fundamentales: autonomía, para reducir el número de interacciones necesarias entre el usuario y las plantas; simpleza, para aliviar al usuario de la necesidad de conocimiento técnico; y sostenibilidad, gracias a la implementación de agricultura vertical e hidroponía se asegura que los recursos de espacio y agua son usados eficientemente.

La característica principal del producto desarrollado es el uso de hidroponía, más precisamente aeroponía, como un método de cultivo sin suelo que consiste en sostener la planta con un sustrato, y sumergir las raíces en un ambiente altamente humidificado, similar a una neblina. Dicha neblina debe incluir una solución nutritiva, siendo una mezcla de agua y minerales, para ser provistos a las plantas. Implementando este método, el consumo de agua se reduce hasta a un 2% de aquel de la agricultura tradicional.

El producto resultante es un módulo de cultivo aeropónico completamente automatizado. Un dispositivo pensado para uso doméstico, que soporte el consumo diario de frutas y vegetales de una familia. Su diseño contempla que sea ubicado en el interior de una casa, un departamento, o inclusive afuera en un balcón. Está apuntado a cultivar tres tipos de vegetales: plantas livianas (como lechuga o albahaca), plantas pesadas (como tomates o berenjenas), y tubérculos (como papas o cebollas); esto amplía el rango de opciones disponible para el usuario, reduciendo las restricciones de espacio, horizontal y verticalmente. Las semillas son ubicadas dentro de macetas, y la solución nutritiva necesaria es bombeada desde el tanque principal hasta el interior de los cajones donde están ubicadas las macetas.

Las plantas crecerían en un ambiente cerrado, con iluminación artificial a través de luces LED, humidificación a través de nebulizadores y renovación de aire a través de coolers. La iluminación artificial es automáticamente apagada si el módulo detecta que está ubicado en el exterior. La automatización del módulo incluye la regulación de la temperatura y humedad interior, y el control de pH, conductividad eléctrica y nivel del tanque principal de solución nutritiva.

El siguiente documento completo del proyecto involucra el análisis económico del mismo, considerando un estudio de mercado, análisis FODA y proyección de ventas. Adicionalmente, el balance energético del módulo será calculado para ser incluido en un estudio, comparando el consumo energético del producto con la misma métrica para la agricultura tradicional.

<b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL 	PROYECTO FINAL	<i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i>
Módulo de Hidroponía		Ing. ELECTROMECÁNICA
		Página 6 de 120

## ABSTRACT

The predictions of the UN for 2050 indicate that almost 70% of worldwide population will reside in urban areas, and particularly in Argentina, that metric would increase up to 95%. This phenomenon receives the name of rural exodus and is already happening. Furthermore, the FAO (Food and Agriculture Organization) has proven that in the past two decades there has been a reduction in the cultivated cropland area per capita. In consequence, the future will present the next context: a rise in the demand of fresh fruits and vegetables in urban areas, and a production *that won't be able to keep up with it, creating the necessity to increase productivity. A helpful alternative would be domestic production, people cultivating part of their food, but that task requires three concepts: time, that modern routines of most people don't have; botanical knowledge to grow crops; and the space to cultivate, which in the cities of the future, full of apartments, will be non-existent.*

With this context in mind, is that project Holus was born. A solution based on 3 main pillars: autonomy, to reduce the number of interactions needed between the user and the crops; simplicity, to alleviate the user of the need to have technical knowledge; and sustainability, by implementing vertical agriculture and hydroponics it is ensured that the resources of space and water are efficiently used.

The main feature of the product developed is the use of hydroponics, more precisely aeroponics, as a method of soilless gardening consisting of sustaining the plant with a substrate, and immersing the roots in a highly humidified environment, similar to a mist. Said mist must include a nutrient solution, a mix between water and minerals, to provide to the plants. Implementing this method, the water consumption is reduced up to 2% of that from traditional agriculture.

The resulting product is a fully automatized aeroponic module. An appliance thought for domestic use, to support the daily consumption of fruits and vegetables of a family. Its design contemplates it being ubicated inside a house, an apartment, or even outside in a balcony. It is aimed to cultivate three types of vegetables: light plants (i.e., lettuces, basil), heavy plants (i.e., tomatoes, eggplant), or tuberculous (i.e., potatoes, onions); this widens the range of options the user has available to him/her, reducing the restrictions of space, horizontally and vertically. The crops are placed inside pots, and the nutrient solution needed is pumped from the main tank to the inside of the boxes, where the pots hang.

The plants would grow in a closed environment, with artificial lighting through LED lights, humidification through spray nozzles and air renewal through coolers. The artificial lightning is automatically switched off, if the module detects it is placed outside. The automation of the module includes the regulation of temperature and humidity inside, and the control of pH, electric conductivity and level, in the main tank of nutrient solution.



The complete document of the project also involves the economic breakdown of it, considering a market study, SWOT analysis and sales projection. Furthermore, the energy balance of the module will be calculated to include it in a study, comparing the energy consumption of the product with the same metric from traditional agriculture.

## INTRODUCCIÓN

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las proyecciones de la Organización de Naciones Unidas (ONU), estima que para el año 2050, aproximadamente el 70% de la población mundial estará concentrada en zonas urbanas, desarrollándose ya desde este tiempo un fenómeno que se conoce como éxodo rural, acentuado aún más en Sudamérica donde los porcentajes van de 82% en 2010 a un 90% proyectado para 2050. En el caso de nuestro país, el porcentaje de urbanización para 2010 fue de 90,8% y se proyecta que para el año 2050 esta cifra alcance 95,2%. Adicionalmente, el anuario estadístico de la FAO (Food and Agriculture Organization de la ONU) evidencia que desde el año 2000 al 2020, el área destinada a cultivo agrícola ha descendido de 128.510 miles de hectáreas a 108.381,8 miles de hectáreas.

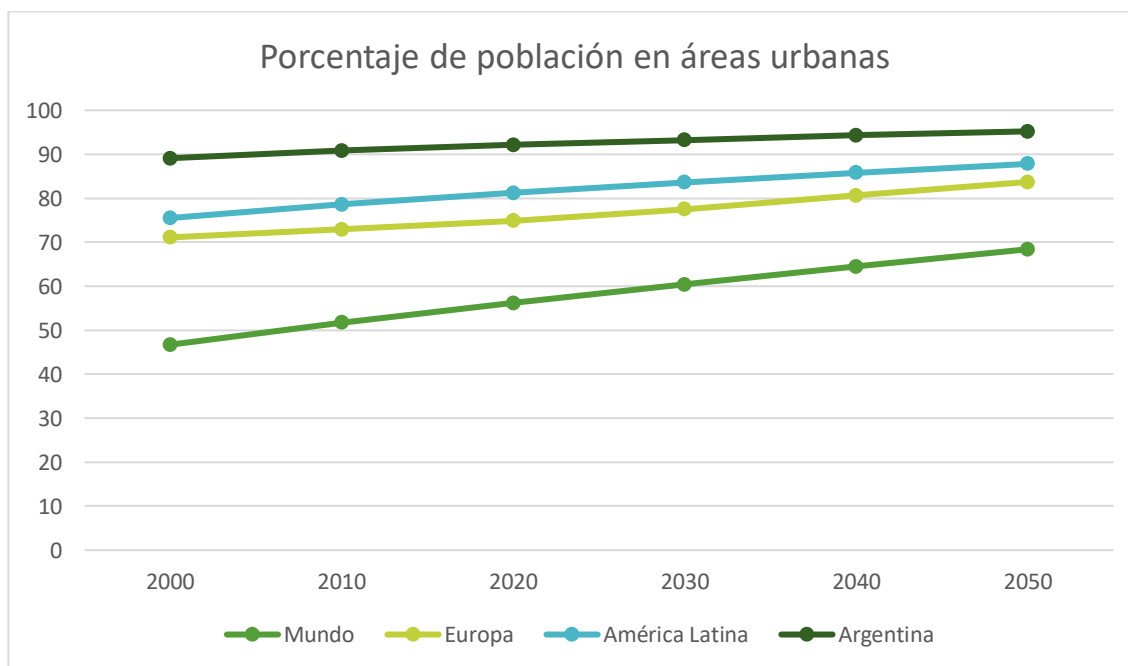


Ilustración 1. Porcentaje de población en áreas urbanas.



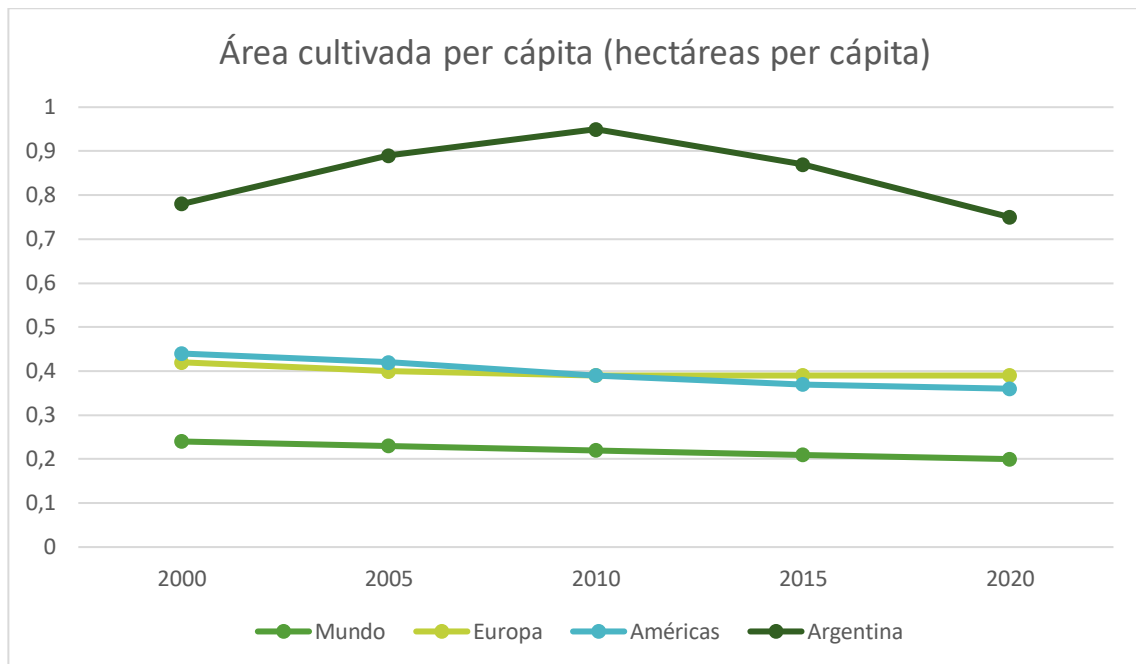


Ilustración 2. Área cultivada per cápita (en hectáreas per cápita).

La conjunción de estas dos perspectivas resulta en la siguiente predicción: en el futuro habrá un aumento de la demanda de frutas y verduras frescas en los grandes centros urbanos, pero debido a la disminución de oferta cercana geográficamente, aumentarán los costos logísticos tanto en transporte como en almacenamiento de dichos alimentos. Esto también resultará en un aumento del consumo energético de los mismos. En consecuencia, ha comenzado un cambio en el paradigma de economía pasativa, donde los consumidores finales son en parte también responsables de la producción, en forma localizada. Esta tendencia derivará en varias personas decidiendo alimentar a sus familias a través de la producción doméstica, pero notando dos restricciones fuertes: por un lado, la falta de conocimiento técnico sobre botánica de parte del grueso de la sociedad, lo cual va atado a la segunda restricción, el hecho de que para adquirir un nivel aceptable de conocimientos sobre las variedades a cultivar se necesita dedicar tiempo material para adquirirlos, y más aún para ponerlos en práctica si se toma la modalidad “prueba y error”, caso que suele ser común en este tipo de tareas. Esto último resulta prohibitivo considerando el estilo de vida actual, donde los ritmos de la población económicamente activa son frenéticos cuanto menos.

Por lo tanto, surge la cada vez más imperiosa necesidad de aumentar la productividad de la producción doméstica de frutas y verduras, al mismo tiempo que se toman en cuenta factores de sostenibilidad, ahorro de recursos (tanto físicos como de tiempo) y de espacio. En la última década, ha existido un auge del concepto de agricultura vertical, donde se soluciona algunos de los problemas de espacio mediante el uso de técnicas que permitan “apilar” los cultivos y

eficientizando el riego entre los mismos. Una de estas técnicas es lo que se llama hidroponía, del griego *hydro* (agua) y *ponos* (trabajo), donde las semillas y posteriores raíces de la planta están en contacto directo con una solución nutritiva, compuesta por agua más un agregado de nutrientes, eliminando la necesidad de sostener a la planta con tierra, y pudiendo esta ser reemplazada por un sustrato inerte que solamente cumpla la tarea de sostén mecánico de la planta. Los últimos estudios indican que el uso de estas técnicas reduce considerablemente el volumen de agua destinada al cultivo durante todo el proceso.

A partir de esto nace la propuesta de Holus: desarrollar un electrodoméstico nuevo, capaz de proveer a una familia tipo con un amplio abanico de frutas y verduras frescas, requiriendo la menor cantidad posible de intervención por parte del usuario, y que a su vez utilice una técnica hidropónica, siendo particularmente la aeroponía, para reducir el uso de recursos y contribuir a la sostenibilidad energética y ecológica.

## OBJETIVOS


Para poder darle una perspectiva realista y alcanzable a este proyecto, se proponen previamente una serie de objetivos a forma tal de encaminar el accionar del equipo de trabajo bajo directivas claras y establecer un alcance de este. Estos son los siguientes:

### Objetivos generales

- Desarrollar un producto para cultivo doméstico de frutas y verduras que contemple la automatización como herramienta principal.
- Ejecutar un plan de negocios para la creación de una empresa a fin de producir y comercializar dicho producto.

### Objetivos específicos

- Implementar en el producto la técnica de hidroponía como medio para mejorar la sustentabilidad.
- Desarrollar la ingeniería del diseño y funcionamiento del producto.
- Efectuar un estudio de mercado a fin de encontrar la mejor estrategia de comercialización y sentar las bases para una buena proyección de ventas.
- Con la proyección de ventas realizada, proceder a armar un flujo de caja durante un período de 5 años.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 10 de 120</p>

## ORGANIGRAMA

Esta herramienta permite evidenciar la división de las distintas áreas internas de la empresa, estableciendo un orden jerárquico vertical entre las mismas. Al tratarse de un proyecto de empresa emergente, que cuenta con escasos recursos tanto materiales como humanos, la cantidad de áreas será reducida en comparación con lo que puede ser un organigrama de alguna empresa similar en el rubro.

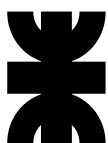


Ilustración 3. Organigrama de Holus.

## MATRIZ RACI

Es una matriz para la asignación de interacciones entre los recursos del equipo y las tareas a completar.

Actividad/Recurso	Santi	Luciano	Emanuel	Nicolás
Organización	I	R	A	I
Bibliografía	A	C	I	R
Definición de dimensiones	R	I	A	C
Funcionamiento	R	I	R	A
Modelado 3D	I	A	R	C
Diseño de prototipo	R	C	A	R



Automatización de prototipo	I	A	C	R
Memoria constructiva	R	I	C	C
Informes técnicos	C	R	I	I
Planimetría	I	C	R	A
Costos	I	R	C	A
Mercado	I	A	C	R
Proyección de ventas	A	C	R	I
Informes económicos	I	R	C	C
Marketing	I	A	C	R
Presentaciones	C	I	R	C
Responsable	R			
Aprobación	A			
Consultado	C			
Informado	I			

Ilustración 4. Matriz RACI de Holus.

## MARCO TEÓRICO

En esta sección, se dejarán establecidos algunos conceptos básicos sobre los aspectos técnicos que rodean a la hidroponía, y más precisamente al crecimiento y procesos que sufre la planta, involucrando absorción de agua y nutrientes, proceso de fotosíntesis y como es la interacción con elementos como la solución nutritiva y el sustrato.

## ACTUALIDAD

Entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo modificando las técnicas de laboratorio de nutricultura a la producción de las cosechas a gran escala. Los experimentos realizados por *Gericke* tuvieron un gran impacto y se difundieron por la prensa como el "Descubrimiento del siglo". Sin embargo, se requería de un conocimiento técnico que la mayoría de las personas no poseía.

Hoy la hidroponía se presenta como una solución ante la disminución de las zonas agrícolas, la desertización, el cambio climático y el éxodo rural.

## AGUA EN LA PLANTA

El agua representa del 60% al 90% del peso en fresco de la planta, esto significa que en el módulo deberemos contener una cantidad de agua proporcional a la producción en peso proyectada.

### BALANCE DEL AGUA EN LA PLANTA

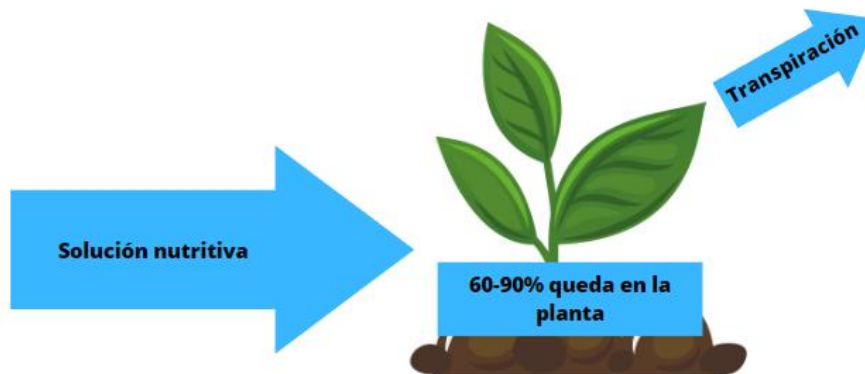
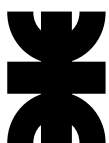


Ilustración 5. Aprovechamiento de agua en la planta.

Existen diversos factores que afectan al balance de agua en la planta

- Características fisicoquímicas del suelo
- Distribución de las raíces en el suelo
- Mecanismos de la planta para extraer agua.
- Factores que afectan a la transpiración de la planta
  - Temperatura
  - Humedad
  - Velocidad del viento
  - Irradiancia
  - Contenido hídrico
  - Características hídricas de la planta, como la cantidad de **estomas**, siendo estas las válvulas naturales que poseen las plantas para regular la transpiración, ubicadas en las hojas.



## FUNCIONES DEL AGUA

- Disolvente para sustancias como sales inorgánicas, azúcares y aniones orgánicos
- Medio en el que se producen las reacciones bioquímicas
- Permite la difusión y flujo masivo de solutos. (Esto la convierte en parte fundamental para la distribución de nutrientes y metabolitos en toda la planta).

Muchas de las características que posee el agua se deben al fenómeno de **punto de hidrógeno** y al **momento dipolar**.

Los puentes de hidrogeno son fuerzas eléctricas que aparecen entre las moléculas de agua producto de una densidad de carga eléctrica asimétrica en la molécula de agua.

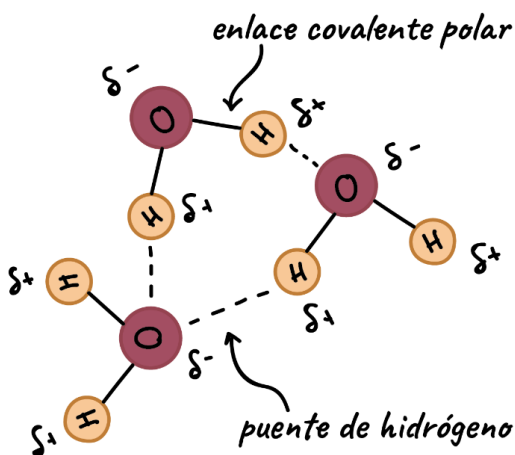


Ilustración 6. Puente hidrógeno entre moléculas de agua.

El momento dipolar es también producido por la diferencia de densidades de carga eléctrica en la molécula de agua.

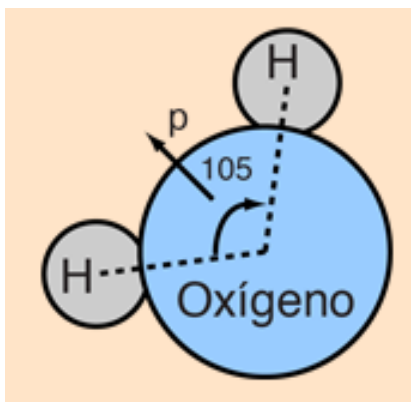
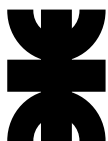


Ilustración 7. Momento dipolar en la molécula de agua.

UTN

FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 14 de 120

---

## POTENCIAL QUÍMICO DEL AGUA

Es una expresión cuantitativa de la energía libre en la planta, es decir, la energía capaz de realizar trabajo útil. Se puede establecer un paralelismo entre este concepto y la entalpía de los sistemas termodinámicos.

La expresión del potencial químico del agua es

$$\psi = \psi_p + \psi_s + \psi_m + \psi_g$$

Donde

$\psi_p \rightarrow$  Potencial químico debido a la presión hidrostática

$\psi_s \rightarrow$  Potencial químico debido a la presión osmótica

$\psi_m \rightarrow$  Potencial mátrivo

$\psi_g \rightarrow$  Potencial debido a la energía gravitacional

Los más importantes de estos son las componentes  $\psi_p$  e  $\psi_s$ .

El potencial del agua se puede caracterizar a partir del estado del vapor del aire.

$$\psi = \frac{RT}{V} * \ln\left(\frac{HR}{100}\right) \quad [MPa]$$

$R \rightarrow$  constante general de los gases

$V \rightarrow$  Volumen molar del agua

$T \rightarrow$  temperatura absoluta

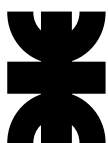
$HR \rightarrow$  Humedad relativa del aire.

Muchos procesos fisiológicos, como el crecimiento celular, la absorción de nutrientes, la fotosíntesis, la productividad, son fuertemente influenciados por el potencial del agua y sus componentes.

---

## MOVIMIENTO DEL AGUA DENTRO DE LA PLANTA

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 15 de 120



Como se vio anteriormente una porción del agua absorbida desde la solución nutritiva es transpirada por la planta y la otra parte restante es contenida en la planta. Entonces en general el movimiento de agua dentro de la planta se puede sintetizar en 3 procesos.

- Absorción
- Transporte
- Transpiración

El sentido del movimiento del agua es en el cual el potencial de agua  $\psi$  decrece.

### Absorción

En una solución nutritiva los nutrientes están a disposición de la planta. Las raíces de las plantas poseen radicales libres que absorben la solución.

### Transporte

Luego el agua puede transitar por dos vías paralelas hacia las bandas de caspari.

- **Vía apoplástica:** el agua se conduce a través de espacios intercelulares y paredes de las células. (Presenta menor resistencia al paso del agua).
- **Vía simplástica:** El agua ingresa a la célula atravesando la pared celular y la membrana plasmática. Luego pasa de célula en célula a través de los plasmodesmos. (Tiene mayor resistencia al paso del agua).

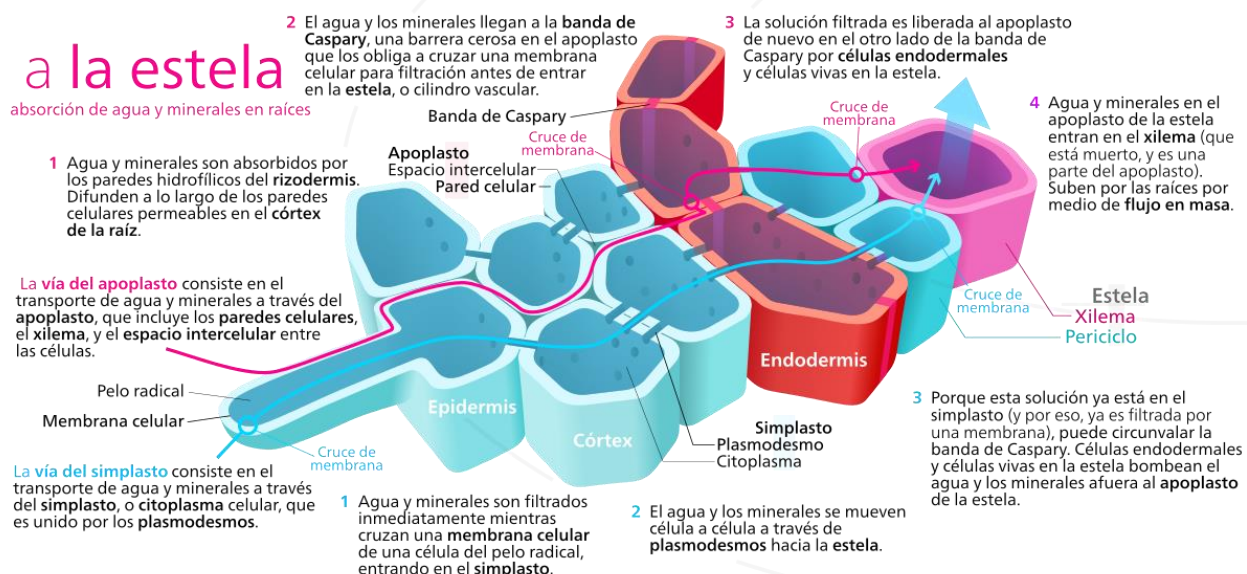



Ilustración 8. Vías de transporte en la planta.

<p><b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p><b>PROYECTO FINAL</b></p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 16 de 120</p>

Una vez que el agua atraviesa las bandas de Caspari y el periciclo llegan al Xilema.

En el Xilema la resistencia hidráulica es muy baja. Una vez que el agua llega a este, los vasos leñosos o tráqueas la distribuyen para

- La formación de células
- Formación de traqueidas, estas son las células que se forman para conducir el agua.

### Transpiración

Esta es la evaporación del agua en la planta. Depende del estado en el que se encuentra el aire ambiente.

La transpiración se produce a través de estomas, estas regulan el paso de agua hacia el exterior de la planta. Cuando el aire posee un menor potencial químico de agua (menor  $\psi$ ) se produce la evaporación.

La regulación de la transpiración se produce a partir de la variación del grado de apertura de las estomas.

#### *Etapas de regulación en un ciclo diario.*

- Cuando no hay luz no hay fotosíntesis, por lo tanto, se acumula CO<sub>2</sub> y las estomas se cierran impidiendo la pérdida de agua.
- Cuando hay luz: comienza la fotosíntesis y la demanda de CO<sub>2</sub> aumenta. Disminuye el CO<sub>2</sub> en las cámaras subestomáticas y las estomas se abren.

#### *Factores que afectan a la transpiración.*

- Radiación incidente:

$$\text{Si } \uparrow E_{rad} \Rightarrow \uparrow T_{hojas} \Rightarrow \downarrow HR \Rightarrow \uparrow \Delta\psi_{agua-aire} \Rightarrow \uparrow \text{tasa de evaporación}$$

- Humedad relativa

$$\uparrow \text{tasa de evaporación si } \uparrow \Delta p_{vapor_{hojas-aire}}$$

Además

$$\text{Si } HR = 100\% \Rightarrow \Delta\psi_{agua-aire} = 0 \Rightarrow \text{tasa de evaporación} = 0$$

## RESISTENCIAS HIDRÁULICAS

Producen un impedimento al paso del agua desde el proceso de absorción hasta la transpiración.

- Rsuelo: depende de la conductividad hidráulica, en el caso de la hidroponía esta resistencia no existe.
- Rraíz: es una de las más altas debidas a los protoplastos.
- Rxilema: muy baja, despreciable.
- R mesófilo de las hojas: es variable, depende de la anatomía de las hojas.
- Rcutícula: alta, debida a incrustaciones con sustancias hidrófilicas (cutina y lignina).
- Restomas: variable, depende del grado de apertura de las estomas.
- Raire: es la capa límite sobre la epidermis. Si no hay movimiento de aire la capa se satura rápidamente, lo que produce que la transpiración sea nula.

Ecuación de la transpiración (flujo másico de agua evaporada en la planta)

$$\text{Transpiración} = \frac{\psi_{raíz} - \psi_{aire}}{\sum \text{resistencias}}$$

## GUTACIÓN

Es el fenómeno en el cual no se produce la transpiración de la planta debido a las condiciones ambientales.

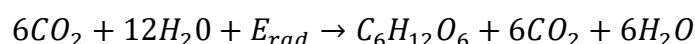
En este proceso se produce la salida de agua líquida con sales a través de los hidrátodos, los cuales son terminaciones xilemáticas en las hojas.

Esto se debe a que el agua que penetra en los vasos conductores, desde la raíz, tiende a subir por los mismos si se mantiene una diferencia de potencial de agua. La columna ascendente ejerce una presión, llamada presión radical y es responsable del fenómeno de gutación.

## FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es el único proceso, de importancia biológica, capaz de transformar la energía radiante del sol en energía química de compuestos orgánicos

Reacción química de la fotosíntesis



El conocimiento de las bases físicas, químicas y fisiológicas de los procesos fotosintéticos es primordial para el cultivo de las plantas a la hora de conocer las variables que condicionan la ganancia, pérdida y distribución de materia seca en un cultivo, con el fin de optimizar estas funciones y, en consecuencia, la productividad de los sistemas ya sea que se trate de hortalizas, granos, frutos, tubérculos, fibras, forrajes, madera, etc.

---

### ETAPAS DE LA FOTOSÍNTESIS

El proceso global de la fotosíntesis se puede dividir en subprocesos que se interrelacionan.

Etapa difusional: Es la difusión del  $CO_2$  hasta el cloroplasto.

Se produce un movimiento de las moléculas de  $CO_2$  debido a un gradiente de concentración de este entre el cloroplasto (ubicado en las hojas) y el aire circundante. De esta forma se produce movimiento de las moléculas desde el ambiente, a través de las estomas del cloroplasto, hacia el interior de este.

El movimiento de moléculas experimenta una serie de resistencias


- La capa límite de aire: esta tiene un gran valor y depende de la velocidad del aire, de la forma y tamaño de la hoja y de su indumento.
- Resistencia estomática: Esta varía en función
  - Del grado de apertura del ostiolo
  - La intensidad de la luz a la que se halla expuesta la hoja
  - La concentración de  $CO_2$
  - El potencial de agua de la hoja
  - Otros

Luego la molécula de  $CO_2$  se disuelve en agua y se difunde en fase acuosa hasta el cloroplasto

Etapa fotoquímica: Absorción de energía electromagnética a través de los pigmentos y su transformación en la energía química de NADPH y ATP.

La energía solar es usada por la planta para la oxidación de la molécula de  $O_2$  del agua, con su consecuente liberación de  $O_2$  y formación de NADPH y ATP que se utilizarán para la reducción del  $CO_2$  en compuestos orgánicos.

Esto se da gracias a pigmentos foto receptores

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 19 de 120</p>

Etapa bioquímica: Utilización y transformación del NADPH y ATP para la reducción de  $CO_2$  a hidratos de carbono y otros productos secundarios.

Se produce en el estroma del cloroplasto.

Existe una clasificación de las plantas según el tipo de mecanismo utilizado para captar el  $CO_2$  del ambiente. Estas son plantas de C3 y C4. Tienen las siguientes características:

### FIJACIÓN DE $CO_2$ EN LA PLANTA C3

En las plantas tipo C3 el compuesto aceptor del  $CO_2$  es la ribulosa 1.5 de fosfato. Para el caso de las plantas tipo C4, se las denominan de alta eficiencia debido a que poseen enzimas mucho más afines con el  $CO_2$ .

### FACTORES QUE AFECTAN A LA FOTOSÍNTESIS EN LAS PLANTAS C3 Y C4.

#### Irradiancia

- Plantas C3: en este caso el INC tienen como limitante la irradiancia hasta que se satura en un valor entre 800 y 1000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ .
- Plantas C4: en este caso la limitante de la producción es siempre la irradiancia

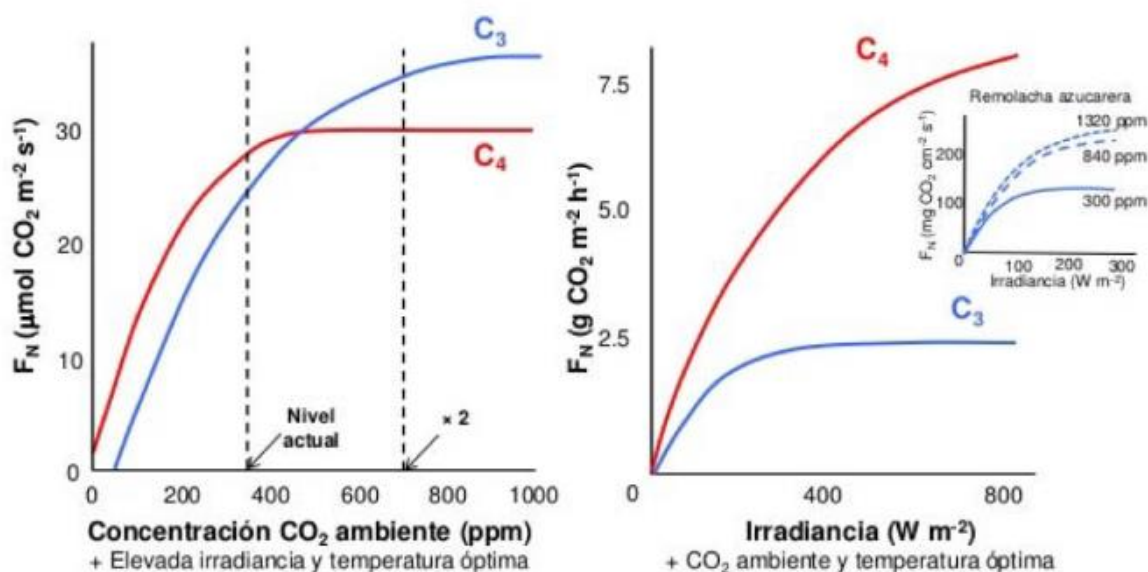


Ilustración 9. Irradiancia en plantas C3 y C4.



## Temperatura de las hojas

Las plantas C3 están adaptadas a zonas templadas y las C4 a las cálidas.

- Plantas C3: La fotosíntesis comienza a  $t = -5^{\circ}\text{C}$  con una  $t_{\text{óptima}} = 20 \text{ a } 25^{\circ}\text{C}$
- Plantas C4: La fotosíntesis comienza a  $t = 10^{\circ}\text{C}$  con una  $t_{\text{óptima}} = 40 \text{ a } 45^{\circ}\text{C}$

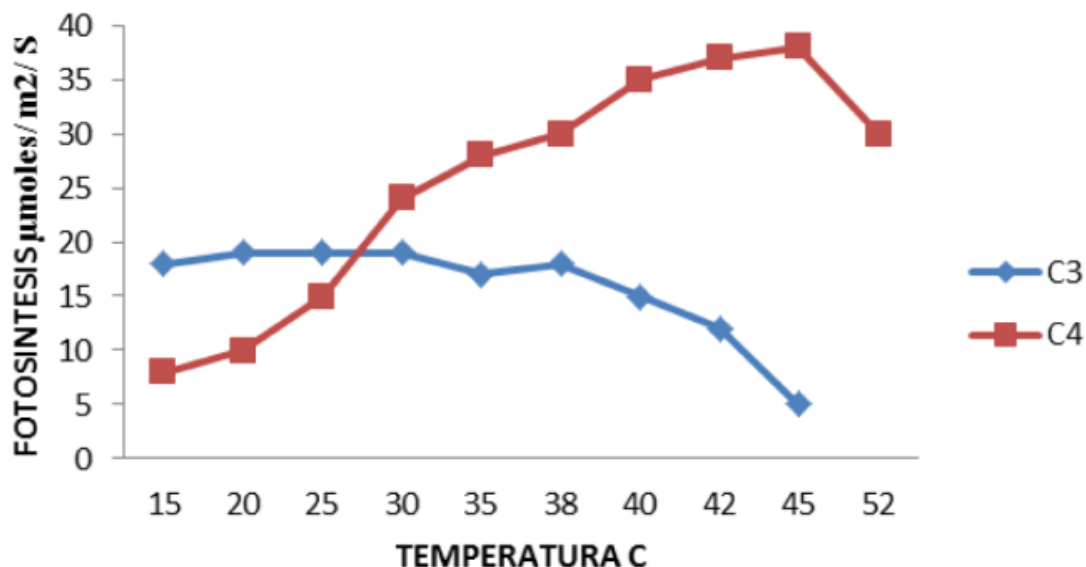


Ilustración 10. Fotosíntesis en función de la temperatura.

## CONCLUSIÓN SOBRE LAS ETAPAS

La tasa máxima de potencial del proceso fotoquímico dependerá de

- La cantidad de fotones absorbidos
- Suministro adecuado de ADP, P inorgánico y NADP+ adecuado: Esto depende de que no existan restricciones al proceso bioquímico. Como falta de CO<sub>2</sub>, bajas temperaturas, otros
- Luz
- Temperatura
- Concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>

## NUTRICIÓN MINERAL

En los cultivos hidropónicos, se aportan minerales esenciales para la vida del organismo vegetal y cuya función en la célula son tan específicas que no pueden ser reemplazados por otros.



Estos están implicados en el metabolismo celular. Se requieren en cantidades variables según el mineral.

La correcta composición de la solución nutritiva es esencial para el éxito del cultivo hidropónico. Para controlar la composición de la solución nutritiva se vuelve necesario el control del pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

---

### *Macronutrientes y Micronutrientes*

Los minerales necesarios para el crecimiento de las plantas se subdividen en macro y micronutrientes, los macronutrientes se deben presentar en mayores concentraciones mientras que los micro en menores. Esto no quiere decir que los micronutrientes dejen de ser esenciales para el crecimiento de la planta.

---

### *Macronutrientes y sus funciones*

Se encuentran en concentraciones del orden de los g/L de solución

- Carbono
- Hidrógeno
- Oxígeno
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Azufre

### Nitrógeno

- Forma parte constitutiva de los ácidos nucleicos ARN y ADN
- Cuando es escaso aparecen claros síntomas de disminución del crecimiento y la productividad.
- La falta de Nitrógeno produce un amarillamiento de las plantas y alargamiento de las raíces.
- La solución nutritiva debe aportarlo como mezcla de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en un equilibrio entre cationes y aniones.

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 22 de 120

### Fósforo

- Constituye en gran parte al ARN y ADN.
- Fundamental para los procesos de fotosíntesis y respiración.
- La planta lo absorbe como  $H_2PO_4$  de la solución nutritiva.
- La deficiencia de fósforo afecta considerablemente al crecimiento de la planta, se presenta enanismo.

### Potasio

- No forma ninguna estructura química en la célula de la planta.
- Cumple un rol fundamental en el movimiento del agua en la planta
- Es un activador de procesos metabólicos
- Provoca la apertura estomática

### Magnesio

- Forma parte de la clorofila

### Azufre

- Forma parte de los aminoácidos esenciales y otros compuestos. Esto la hace clave en el metabolismo.
- La absorción se realiza como ión  $SO_4^{-2}$
- Los síntomas de su carencia son parecidos a los de la falta de N.

### Calcio

- Es necesario para la síntesis de la pared celular, entre otras funciones en las células.
- Una escasez de calcio se traduce en un crecimiento deficiente. Y puede ser un factor para el ataque de enfermedades en algunas plantas (tomate, pimiento, berenjena y otras)

---

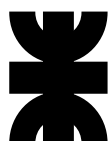
### *Micronutrientes y sus funciones.*

Estos se encuentran en el orden de los mg/L

- Hierro
- Manganeso
- Cobre
- Zinc
- Boro

**UTN**

FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 23 de 120



- Molibdeno
- Níquel
- Cloro

### Hierro

- Juega un papel fundamental en la fotosíntesis.
- La carencia de hierro se evidencia como clorosis intervenal de las hojas jóvenes.

### Manganeso

- Su función en la fotosíntesis es la de transportar electrones entre el agua y el fotosistema II.
- Se absorbe como  $Mn^{+2}$  o quelatado.
- La falta de manganeso puede producir clorosis intervenal.

### Cobre

- Asociado con enzimas que intervienen en las reacciones redox.
- Se absorbe como  $Cu^{+2}$  o quelatado.
- Si es deficiente el Cu las hojas se tornan de un verde oscuro.

### Zinc

- Rol fundamental en las síntesis de las auxinas.
- Su carencia produce una reducción del crecimiento

### Boro


- Se absorbe en forma de ácido bórico
- Rol fundamental en la síntesis de AG, ARN y ADN
- La carencia produce tallos muy rígidos y quebradizos.

### Molibdeno

- Participa en reacciones de transferencia de electrones
- La carencia de molibdeno produce una clorosis intervenal general.

### Cloro

- Relacionado con la liberación de  $O_2$  en el proceso fotosintético
- Su carencia produce el deterioro de los cloroplastos.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p>
		<p>Página 24 de 120</p>

## Níquel

- Componente de la ureasa.
- La carencia del Ni produce acumulación de urea en sus hojas lo que produce la necrosis de los extremos.



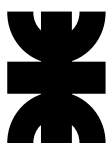
*Ilustración 11. Efecto de las deficiencias de diversos nutrientes.*

### *Control de concentración de nutrientes.*

Factores importantes a tener en cuenta en la solución nutritiva y su absorción

- Alcalinidad del agua relación  $\text{CO}_3/\text{HCO}_3$ .
- Disponibilidad de oxígeno: Si hay poco oxígeno se reduce la absorción iónica, además puede producir una acumulación de  $\text{CO}_2$  en las cercanías a las raíces. En un medio aeróbico (con disponibilidad de oxígeno) las células pueden respirar y generar energía metabólica (ATP) y en consecuencia poder absorber todos los nutrientes necesarios para su normal crecimiento.
- Temperatura: el aumento de T produce un aumento de la absorción de iones de potasio y fosfatos, pero una disminución de  $\text{NO}_3^-$ . Si la temperatura es muy elevada se puede producir muerte celular.
- pH: tiene una relación directa con la absorción iónica

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 25 de 120

- Si  $\text{pH} \geq 7.5$  se produce una disminución en la absorción de  $\text{NO}_3^-$
- Si  $\text{pH} \leq 7.5$  restringen la absorción de  $\text{NH}_4^+$  y aumenta la de  $\text{NO}_3^-$ .
- La mayoría de las especies crecen en medios ligeramente ácidos en un rango de pH entre 5.8 y 6.5.

- Salinidad
- Edad
- Concentración externa de nutrientes.

## RENDIMIENTO DEL CULTIVO HIDROPÓNICO

Está representado por la biomasa realmente aprovechada por los consumidores. En general, los cultivos hidropónicos pueden llegar a duplicar los rendimientos de los cultivos en suelo y al aire libre.


Teniendo en cuenta las reacciones de síntesis fotosíntesis como las de consumo o degradación (respiración y fotorespiración). Se puede concluir que el balance neto o fotosíntesis neta, será un balance energético entre procesos de producción y consumo de energía.

Los factores que generan o consumen energía, son los siguientes

- Cantidad de luz capaz de ser interceptada
- Capacidad y eficiencia de conversión de energía lumínica en energía química
- Magnitud del consumo de energía a través de escotorespiración y fotorespiración.

## SOLUCIÓN NUTRITIVA

Ejemplos de algunas soluciones nutritivas

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez</i> <i>E. Martínez</i> <i>S. Abarca</i> <i>L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 26 de 120</p>

Ejemplos de algunas soluciones nutritivas

mmol/L	Hoagland y Arnon (1938)	Verwer 1986	Graves(1983)	Sonneveld Voogt (1985)
N	15,0	12,3	12,5	10,7-17,0
P	1,0	1,25	1,6	0,95-1,45
K	6,0	7,1	10,0	7,6-12,7
Ca	4,0	4,25	5,6	3,75-7,5
Mg	2,0	1,0	2,0	1,6-2,0
S	2,0	3,3		
mg/L				
Fe	2,5	1,7	3,0	3,0-6,0
Mn	0,5	1,1	1,0	0,5-1,0
Cu	0,02	0,017	0,1	0,1
Zn	0,05	0,25	0,1	0,1
B	0,5	0,35	0,4	0,3-0,4
Mo	0,01	0,058	0,05	0,05

mmol/L	STEINER 1984	SONNEVEL D 1986	Mavrogiannopoulos PAPADAKIS 1987	DAY 1991
N	12,0	12,0	13,0	9,0-15,0
P	1,0	1,5	1,0	1,0
K	7,0	7,5	7,0	7,5
Ca	4,5	3,75	4,0	3,75
Mg	2,0	1,0	1,25	1,5
S	3,5			
mg/L				
Fe	1,33	0,56	3,5	2,0
Mn	0,62	0,55	1,0	0,75
Cu	0,02	0,03	0,02	0,1
Zn	0,11	0,46	0,5	0,5
B	0,44	0,22	0,3	0,4
Mo	0,049	0,05	0,05	0,05

Ilustración 12. Ejemplos de soluciones nutritivas.

### Conductividad eléctrica de la solución nutritiva

**Conductividad eléctrica:** Se define como la capacidad que tiene una solución para transportar o conducir electricidad por unidad de área. Se mide en  $S/cm$  (Siemens por centímetro).

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva es un parámetro fundamental. Este nos indica la concentración de sales de la solución, desde la perspectiva de la nutrición de la planta, nos indica la concentración de macronutrientes y micronutrientes que potencialmente puede absorber la planta a través de las raíces.

Como el sistema de cultivo adoptado permite la recirculación de la solución nutritiva la concentración de sales en el tanque principal variará con el tiempo debido a que parte de las sales serán absorbidas sin absorber la totalidad del agua atomizada.

De esta manera se vuelve necesario un control de la conductividad eléctrica para determinar que la concentración de sales se encuentre por encima del umbral mínimo de crecimiento de las plantas.

**Umbral mínimo:** Es el mínimo valor de conductividad eléctrica a partir del cual las plantas no sufren un déficit de nutrientes. Niveles de CE por encima de este umbral no afectan al rendimiento de los cultivos hidropónicos.

*Umbral máximo:* A partir de este valor de conductividad eléctrica las plantas pueden ser afectadas por toxicidad o competencia entre nutrientes. Por lo que no es deseable sobrepasar este umbral en favor de la calidad de las plantas.

Según el libro **“Cultivo en hidroponía” de Beltramo en la pág. 92**; la conductividad eléctrica se debe mantener en un rango de 1.8 a 2.3 *mmhos/cm*. Y agrega, que de no mantenerse este balance se puede afectar la disponibilidad de nutrientes.

Donde

$$1\text{mmhos} = 1\text{ Siemens}$$

Umbral máximo según el libro ABC de la hidroponía - Ing. Agr. José Luis Castañares Agencia de Extensión Luján – Luján, Buenos Aires, Argentina.

Especie	Umbral de CE (dS m <sup>-1</sup> )
Lechuga	1,3
Espinaca	2,0
Frutilla	1,0
Col	1,8
Tomate	2,5
Melón	2,5
Pimiento	1,5
Brócoli	2,8
Berenjena	1,1

*Ilustración 13. Umbral máximo de algunas hortalizas*

## SUSTRATO

Es el material sólido, distinto al suelo, que permite el anclaje del sistema radicular. Posee 3 fases:

- Sólida: sustrato propiamente dicho.
- Líquida: Solución, compuesta por agua y minerales. De esta depende la disponibilidad de agua para las plantas y es el medio de transporte de los nutrientes.
- Gaseosa: Aire en los poros del sustrato.



Un buen sustrato para cultivo hidropónico debe contar con las siguientes características: porosidad, capilaridad, estabilidad física, peso, debe ser inerte con la solución, disponibilidad y bajo costo.

## PLANTAS CULTIVABLES MEDIANTE HIDROPONIA

Existe una amplia variedad de plantas que pueden desarrollarse mediante este método de cultivo, considerando que la premisa básica que deben cumplir es no presentar la característica de leñosa. Dependiendo de la parte a consumir de la planta, las hortalizas se pueden clasificar de la siguiente manera:

### Hortalizas de raíz

Betabel - *Beta vulgaris*

Camote - *Ipomoea batatas*

Jícama - *Pachyrrhizus erosus*

Nabo - *Brassica rapa*

Rábano - *Raphanus sativus*

Yuca - *Manihot esculenta*

Zanahoria - *Daucus carota*

### Hortalizas de flores inmaduras y maduras

Alcachofa - *Cynara scolymus*

Brócoli - *Brassica oleracea var. italica gemmifera*

Coliflor - *Brassica oleracea var. botrytis*

Calabacita - *Cucurbita pepo*

Huauzontle - *Chenopodium sp.*

### Hortalizas de tallo

Colinabo - *Brassica oleracea var. gongyloides*

Espárrago - *Asparagus officinalis*

Papa - *Solanum tuberosum*

### Hortalizas de hoja

Ajo - *Allium sativum*

Cebolla - *Allium cepa*

Porro - *Allium porrum*

Lechuga - *Lactuca sativa*

Col - *Brassica oleracea var. capitata*

Col de Bruselas - *Brassica oleracea var.*

Mostaza - *Brassica nigra*

Espinaca - *Spinacea oleracea*

Acelga - *Beta vulgaris var. Cicla*

Berro de agua - *Nasturtium officinale*



### Hortalizas de fruto

Calabacita - *Cucurbita pepo*

Pepino - *Cucumis sativus*

Melón - *Cucumis melo*

Sandía - *Citrullus vulgaris*

Ejote - *Phaseolus vulgaris*

Chayote - *Sechium edule*

Chile - *Capsicum annum*

Berenjena - *Solanum melongena*

Jitomate - *Solanum lycopersicum*

Tomate - *Physalis ixocarpa*

Apio - *Apium graveolens*

Perejil - *Petroselinum crispum*

Cilantro - *Coriandrum sativum*

Verdolaga - *Portulaca oleracea*

Amaranto - *Amaranthus hybridus*

### Hortalizas de semilla

Chícharo - *Pisum sativum*

Haba - *Vicia faba*

Maíz dulce (elote) - *Zea mays*

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

La producción hidropónica puede ser mediante sistemas semi forzados (controlan variables ambientales durante determinado periodo de tiempo) o forzados, donde se controlan las condiciones ambientales a lo largo del ciclo completo de la planta. Los sistemas forzados presentan las siguientes ventajas:

- Obtener productos fuera de temporada.
- Producir en zonas donde el cultivo no sería posible.
- Lograr la precocidad de la producción.
- Aumentar la cantidad de cosechas por año.
- Disminución de riesgos climáticos.
- Mejorar las prácticas de manejo, una mejor automatización del proceso.

### TEMPERATURA DEL AIRE

Se debe analizar el sistema termodinámico para considerar cada una de las pérdidas de calor en el balance energético, y de esta forma conseguir una temperatura óptima para la producción.

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



## PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 30 de 120

## VENTILACIÓN

La ventilación permite equilibrar temperaturas externa e interna cuando la interna sea muy elevada, como así también cubrir deficiencias de CO<sub>2</sub> y HR.

## MEMORIA DESCRIPTIVA

Para organizar la explicación de la memoria descriptiva en este proyecto, se redactarán las características constructivas según 3 categorías: mecánica o estructural, hidráulica y eléctrica. Se detallarán los componentes que refieren a cada categoría, su proceso de construcción y, algunas interacciones particulares de construcción entre componentes de dos categorías distintas. Cabe aclarar, que el principal objetivo del diseño ha sido lograr que el módulo sea desmontable casi en su totalidad, teniendo paralelamente la menor cantidad de partes individuales sueltas.



*Equipo de trabajo: Santiago, Luciano, Nicolas y Emanuel respectivamente*

## ESTRUCTURAL

- Caño estructural de acero de sección cuadrada 30x30x1,6 mm.
- Caño estructural de acero de sección cuadrada 20x20x2 mm.
- Esquineros impresos en 3D con plástico PLA.




- Plancha de policarbonato alveolar de espesor 10mm.
- Plancha de PVC espumado de espesor 5mm.
- Plancha de PVC espumado de espesor 3mm.
- Bulones y tuercas.

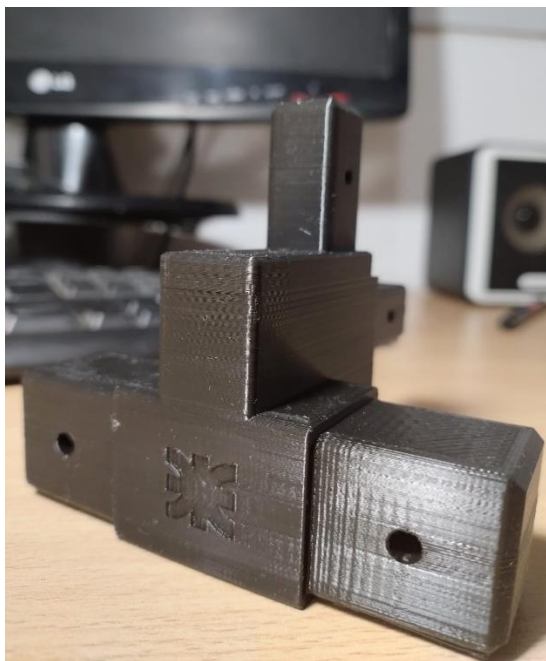
La estructura principal del módulo está compuesta por los caños de acero, la medida de 30x30 está pensada para aportar robustez en el nivel inferior y las columnas del módulo, mientras que la medida de 20x20 tiene el trabajo de complementar la estructura final en los niveles medio y superior del módulo sin aportar demasiado peso. Los esquineros son encastrados en sus extremos dentro de los caños, y se aseguran con un bulón y tuerca en la zona de unión. El contratiempo que presentó este método fue la relación interferencia/juego entre los esquineros y los caños, además de la baja resistencia mecánica de las impresiones 3D al corte de sus capas, lo cual llevó a un par de esquineros que tuvieron que ser reemplazados luego de malos esfuerzos en el montaje.

Las planchas de PVC son el componente estructural que conforma las macetas del módulo, el tanque de solución nutritiva (explicado en la sección hidráulica), y los tableros hidráulico y eléctrico (explicados en sus respectivas secciones). En el caso de las macetas, se trata de 3 cuerpos individuales diferentes en dimensiones y función, a saber: la maceta superior, de mayor superficie, pero de menor altura, compuesta de PVC de espesor 3mm, destinada al cultivo de variedades de plantas de raíz pequeña (como lechugas, romero, cilantro, etc.); la maceta inferior 1, de mayor tamaño del módulo, compuesta por PVC de espesor 5mm, destinada al cultivo de verduras de la familia de los tubérculos (papa, zanahoria, jengibre, etc.); y la maceta inferior 2, de tamaño intermedio, también conformada por PVC de espesor 5mm, destinada al cultivo de variedades de gran tamaño vertical de tallo y/o hoja (berenjena, tomate, zapallo zucchini, etc.). El método de ensamblaje es el mismo para los tres, siendo este la unión mediante pegamento para PVC de las distintas paredes y demás fragmentos como travesaños que pueda incluir cada maceta, para un posterior sellado de las esquinas interiores mediante silicona. El objetivo de esto es lograr la estanqueidad de cada maceta para evitar filtraciones, al mismo tiempo que se refuerza la robustez de la pieza.

Algunas características particulares de las macetas individuales: la maceta superior consta de un piso en ángulo inclinado, facilitando dos fenómenos: por un lado, la fácil evacuación del agua para su recirculación, y también la utilización del lado desnivelado para encastrar, dentro de la estructura de caños de 20x20; la maceta inferior 1 consta de un sistema de aberturas corredizas en la pared que da hacia el frente del módulo, para facilitar la extracción de los tubérculos que crezcan dentro de la maceta, además de estar soportada en altura por una pequeña estructura adicional de caños de 20x20, para facilitar el drenaje del agua hacia el tanque (mediante un piso inclinado similar al de la maceta superior) y también permitir un espacio extra para colocación

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 32 de 120</p>

de algunos elementos (como la bomba centrífuga); por último, la maceta inferior 2 tiene la particularidad de no poseer fondo, pues la misma se coloca mediante un encastre inmediatamente superior al tanque principal, por lo cual cualquier exceso de humedad resultante del atomizado del agua dentro de la maceta, condensará y caerá sobre el tanque facilitando la recirculación.

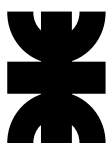


*Ilustración 14. Estructura del prototipo – Unión central realizada con impresión 3D*

En el exterior, el módulo está completamente delimitado por las planchas de policarbonato alveolar, creando las paredes que mantienen cerrado el ambiente interior, cumpliendo las siguientes funciones: por un lado, aislar térmicamente el módulo para evitar cambios bruscos de temperatura, esto logrado gracias al aire contenido en los alveolos de la plancha de policarbonato; por el otro, tener una cubierta exterior con cierta transparencia, para poder observar hacia adentro del módulo sin la necesidad de abrir sus puertas.

### HIDRÁULICO

- Manguera hidráulica de diámetro 1/2".
- Elementos de conexión hidráulica de diámetro 1/2".
- Microtubo.
- Nebulizadores de una y cuatro bocas con válvula antirretorno.
- Electroválvula de tensión de trabajo 220 VCA, diámetro 1/2".
- Válvula Y para regulación de pH.



- Bomba centrífuga de potencia ½ HP.

El sistema hidráulico comienza en el tanque principal de solución nutritiva, con la capacidad de albergar hasta 60L de una mezcla entre agua y nutrientes. A su vez, inmediato a dicho tanque se ubican dos botellas reguladoras de pH con la válvula Y, para lograr una dosificación adecuada. La salida de dicho tanque se conecta (todas las conexiones referenciadas son mediante manguera hidráulica a menos que se especifique lo contrario) a una electroválvula, que deriva a través de una conexión en T en la bomba centrífuga. A partir de ahí, el circuito pasa por el tablero hidráulico, construido con la finalidad de facilitar la mantención de gran parte del circuito hidráulico: en este se ubica la interconexión de 5 electroválvulas, sumando las salidas de los tanques de agua y solución nutritiva concentrada, ubicados inmediatamente superior al tablero hidráulico, cuya función es suministrar los respectivos líquidos para la regulación de la conductividad eléctrica en el tanque principal de solución nutritiva. Del tablero hidráulico derivan 5 salidas:

- Salida al interior de la maceta 1, logrando un drenaje hasta el tanque.
- Salida al circuito de humidificación, donde se conectan dos nebulizadores individuales a través de microtubo a la manguera principal saliente del tablero.
- Salida al circuito de la maceta superior, donde existe una conexión mediante microtubo de 4 nebulizadores de cuatro bocas a la manguera principal, y cuyo desagote de la bandeja está conectado directamente al tanque.
- Salida al circuito de las macetas inferiores, con conexiones mediante microtubo de 3 nebulizadores de cuatro bocas y que termina en la maceta inferior 2.
- Salida a la electroválvula de realimentación de la bomba centrífuga, el objetivo de esto es tener un circuito desde el tanque de agua hasta el humidificador para lograr una humidificación con agua pura y no con solución nutritiva.


 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 34 de 120</p>



Ilustración 15. Vista interna del prototipo.

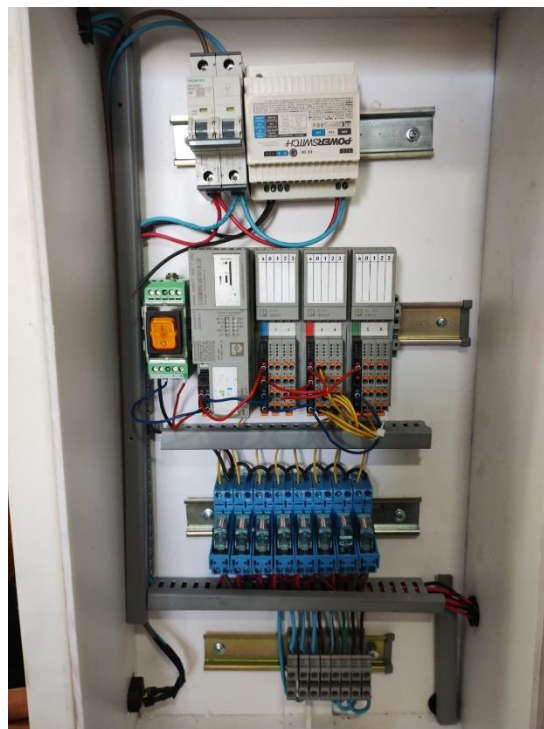
Este sistema garantiza que todo el exceso de solución nutritiva sea recirculante en su plenitud, reduciendo las pérdidas del insumo.

## ELÉCTRICO

- Cable de cobre secciones 1,5 y 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Luminaria LED de tensión de trabajo 24 VCC + fuente de alimentación de tensión de trabajo 220 VCA.
- Cooler de refrigeración tensión de trabajo 220 VCA.
- Llave termomagnética de poder de corte 5A.
- Medidor de energía monofásico.
- Controlador Lógico Programable (PLC) de tensión de trabajo 24 VCC + fuente de alimentación de tensión de trabajo 220 VCA.
- Módulo de entradas analógicas de tensión de entrada 0-10 V y corriente de entrada 4-20 mA.
- Módulo de salidas digitales con tensión de salida 24 VCC.
- Relé eléctrico de tensión de excitación 24 VCC.
- *Electroválvula de tensión de trabajo 220 VCA, diámetro 1/2"*.
- Motor paso a paso para agitador de tensión de trabajo 24 VCC.
- Motor paso a paso para válvula Y de tensión de trabajo 24 VCC.

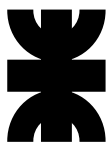
- Sensor de temperatura + humedad tensión de alimentación 24 VCC.
- Sensor de conductividad eléctrica tensión de alimentación 24 VCC.
- Sensor de nivel tensión de alimentación 24 VCC.
- Sensor de iluminación externa tensión de alimentación 24 VCC.
- Elementos de conexionado general.

El circuito eléctrico se concentra casi en su totalidad en el tablero, donde desde el puerto de alimentación se dirige una conexión directa hasta la llave termomagnética, y de esta se pasa por el medidor de energía para luego derivar en la fuente de alimentación del PLC, y paralelamente en un conjunto de borneras de derivación para alimentar, a través de los relés, los coolers, la bomba centrífuga, las electroválvulas y las fuentes de la luminaria LED, que necesitan 220 VCA, conformando esto el circuito de potencia. Desde la fuente de alimentación del PLC, los 24 VCC alimentan el PLC propiamente dicho, el módulo de entradas analógicas, el módulo de salidas digitales, el motor del agitador, la válvula Y para regulación de pH, y los distintos sensores descriptos, donde se tiene el circuito de comando.



*Ilustración 16. Tablero eléctrico del prototipo.*

A partir del módulo de salidas digitales, se alimenta con 24 VCC a los relés de forma intermitente según la programación de PLC, y estos permiten que cierren los circuitos de potencia hacia las luminarias, coolers, electroválvulas, bomba centrífuga, agitador y válvula Y. Para lograr la

<p><b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p><b>PROYECTO FINAL</b></p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 36 de 120</p>

retroalimentación, al módulo de entradas analógicas llega las señales de los 4 sensores enlistados previamente, con señales de entrada de corriente 4-20 mA.

Los sensores de nivel, pH y conductividad eléctrica se ubican en el tanque principal, pues es su contenido el que se debe regular mediante el agregado de agua externa, el agregado de nutrientes mediante la válvula Y o los tanques ubicados sobre el tablero hidráulico. El sensor de temperatura y humedad se ubica en el techo del nivel inferior, cercano a la luminaria. Tanto las luminarias como los coolers, se ubica uno de cada uno en cada nivel.

## SENSORES

Debido a falta de presupuesto para la obtención de materiales necesarios para el prototipo, debimos realizar el diseño y armado de placas electrónicas de los sensores de conductividad eléctrica, nivel, temperatura y humedad. Los mismos son esenciales para el funcionamiento del módulo.

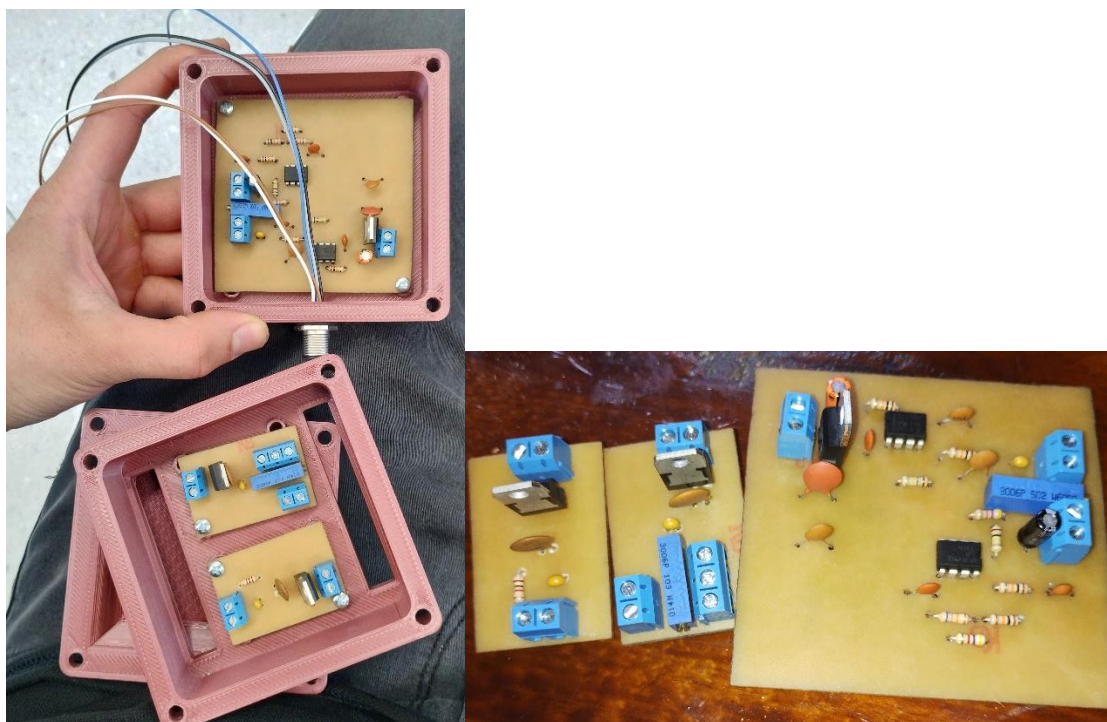


Ilustración 17. Montaje circuitos electrónicos para sensores.

### SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



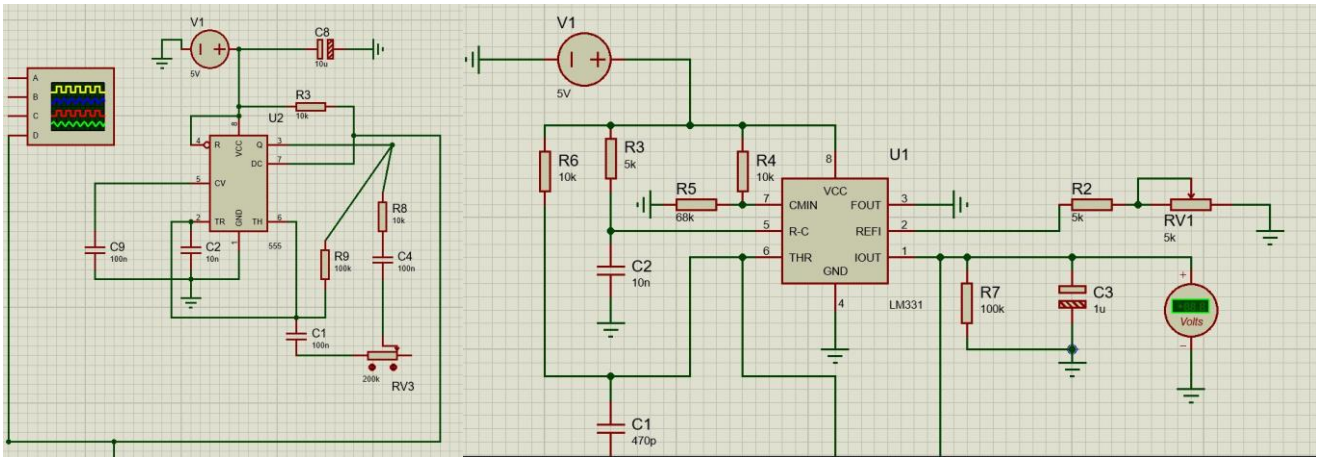


Ilustración 18. Esquema de circuito para sensor de conductividad eléctrica.

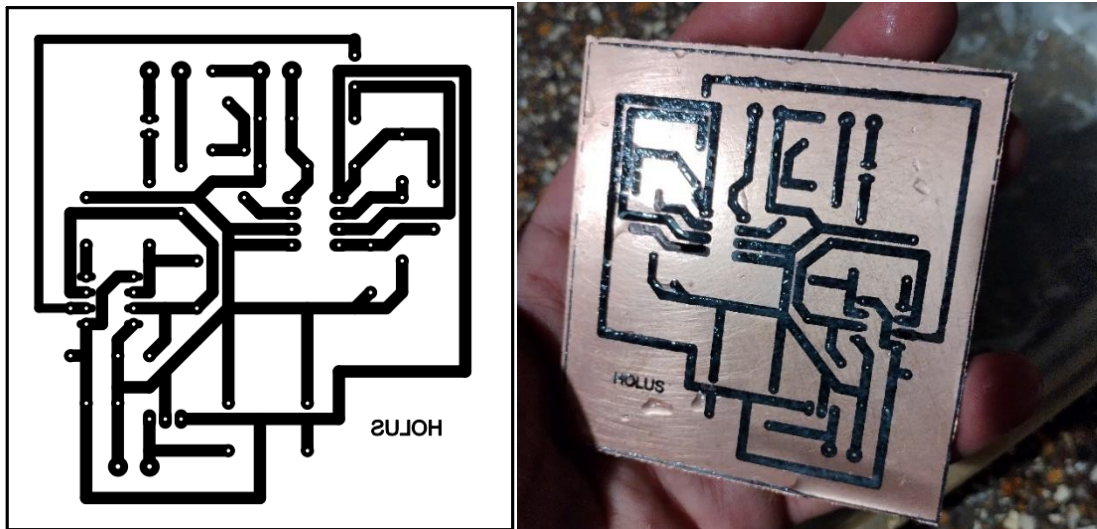


Ilustración 19. PCB para sensado de conductividad eléctrica.

## SENSOR DE NIVEL

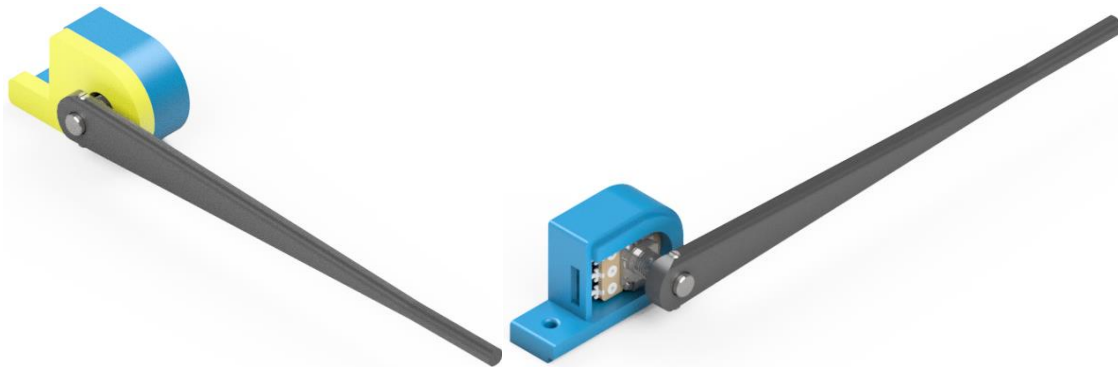


Ilustración 20. Modelo 3D del sensor de nivel.

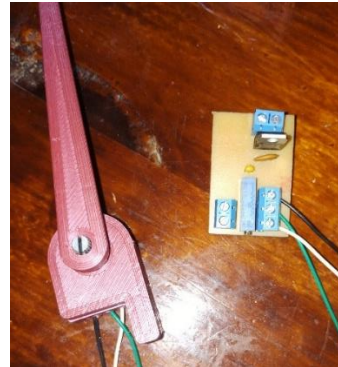
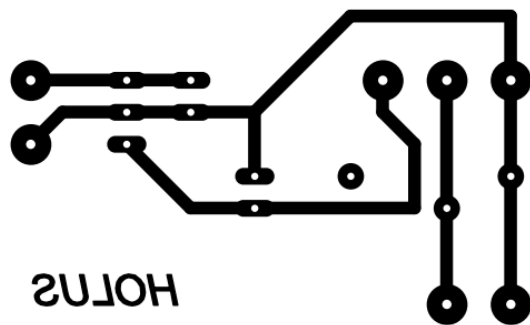


Ilustración 21. PCB más montaje de sensor de nivel.

## MEMORIA DE FUNCIONAMIENTO


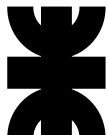
El objetivo de esta sección es definir los diferentes estados de funcionamiento del módulo hidropónico. Posteriormente esto servirá como guía al momento de la programación.

## ILUMINACIÓN

La iluminación será controlada mediante el PLC a través del módulo de salidas digitales, este último envía una señal en 5VCC a la bobina de un relé, luego se cierra su contacto NA produciendo la conmutación de la línea de alimentación (220VCA) de las luminarias.

El período de tiempo en el cual las luminarias deben permanecer encendidas viene dado por el fotoperíodo de las plantas a cultivar. El fotoperíodo depende de la familia de planta que se trata, en general se las subdivide en plantas de sol, sombra o indiferentes. Para la mayoría de las plantas que se cultivarán en el módulo

En esta clasificación los períodos de iluminación corresponden a los siguientes.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 39 de 120</p>



<b>Día Largo</b>	<b>Mayor a 16hs</b>
<b>Indiferente</b>	<b>12hs</b>
<b>Día corto</b>	<b>8hs</b>

Para la programación se necesitará como variable la fecha con horario, se necesitará una función condicional que al transcurrir el tiempo apague o encienda las luces considerando el tiempo establecido por el fotoperíodo.

Variables de salida

<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>
<i>Tiempo encendido nivel superior (t1s)</i>	
<i>Tiempo apagado nivel superior (t0s)</i>	
<i>Tiempo encendido nivel inferior (t1i)</i>	
<i>Tiempo apagado nivel inferior (t0i)</i>	

## ATOMIZACIÓN (RIEGO)

El riego se controlará con el PLC a través del módulo de salidas digitales, este enviará una señal en 5Vcc a la bobina de un relé, luego este conmutará la alimentación de la bomba (220Vca o 24Vcc) la bomba conducirá la solución nutritiva desde el tanque hacia los diferentes niveles. Gracias al accionamiento de las diferentes válvulas del circuito hidráulico es posible atomizar en ambos niveles o en cada uno por separado.

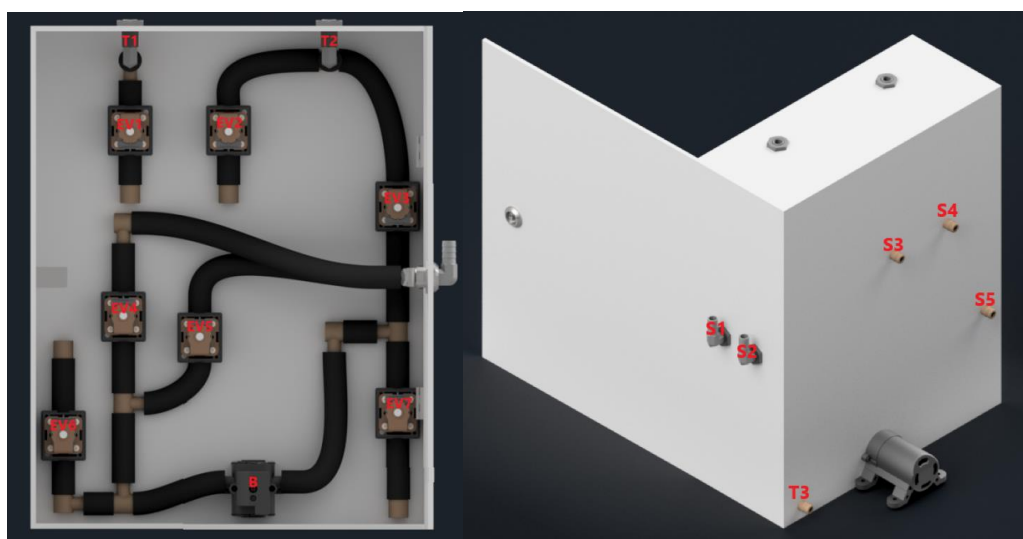


Ilustración 22. Esquema del tablero hidráulico.

Elemento	Descripción
EV1	Electroválvula 220VCA NC
EV2	Electroválvula 220VCA NC
EV3	Electroválvula 220VCA NC
EV4	Electroválvula 220VCA NA
EV5	Electroválvula 220VCA NC
EV6	Electroválvula 220VCA NA
EV7	Electroválvula 220VCA NA
T1	Toma de solución nutritiva concentrada
T2	Toma de agua
T3	Toma de tanque principal
B	Bomba
S1	Salida a atomizadores del nivel superior
S2	Salida a humidificador de ambiente
S3	Salida a tanque principal
S4	Salida a tanque principal
S5	Salida a atomizadores del nivel inferior

Ahora para los distintos tipos de riegos planteamos la tabla de verdad para las distintas electroválvulas, siendo 1 cuando están energizadas.

<i>Estado de riego</i>	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7
<i>Ambos niveles</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Superior</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Inferior</i>	0	0	0	0	0	1	0

## HUMIDIFICACIÓN

El sistema de humidificación utiliza la bomba para tomar agua del tanque azul la presuriza y conduce hacia el atomizador de humidificación que se encuentra en la superficie del nivel inferior.



Ilustración 23. Circuito de humidificación.

Para lograr esto las electroválvulas tienen que estar en el siguiente estado.

<i>Estado</i>	<b>EV1</b>	<b>EV2</b>	<b>EV3</b>	<b>EV4</b>	<b>EV5</b>	<b>EV6</b>	<b>EV7</b>
<i>Humidificación</i>	0	0	1	1	0	1	1

### REGULACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica es función de la concentración de sales en la solución nutritiva contenida en el tanque principal. El control de CE consiste en dosificar solución nutritiva concentrada (Tanque verde) o agua (Tanque azul), esto se realizará mediante las electroválvulas **EV1** y **EV2** que tienen salidas al tanque principal **S4** y **S3** correspondientemente.

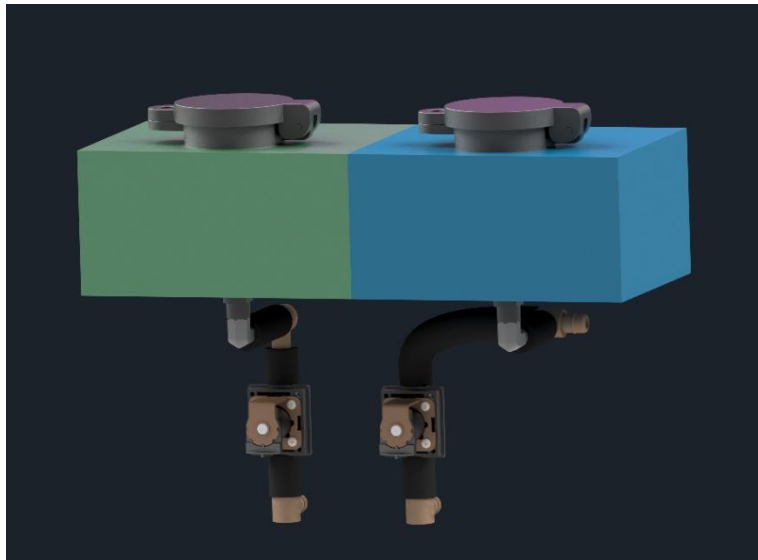


Ilustración 24. Regulación de conductividad eléctrica.

El estado de las válvulas para estos casos es

<i>Estado</i>	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7
<i>Aumento CE</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Disminución CE</i>	0	1	0	0	0	0	0

La regulación de la dosificación será ajustada por tiempo de apertura de las válvulas. Pasado el tiempo de dosificación es necesario encender el agitador por un determinado tiempo antes de comparar la nueva medida de CE. Es importante acentuar que, durante el proceso de regulación de conductividad eléctrica, debe estar bloqueada la función de riego y atomización.

Rango de conductividad eléctrica según el libro **“Cultivo en hidroponía” de Beltramo en la pág. 92.**

<i>Umbral</i>	Conductividad eléctrica [ $\frac{mS}{cm}$ ]
<i>Máximo</i>	1.8
<i>Mínimo</i>	2.3

## ALARMAS

### *NIVEL BAJO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA*

Para esto el módulo posee un sensor de nivel en el tanque de solución nutritiva, cuando el sensor indique un nivel de solución por debajo de un umbral mínimo se producirá una alarma en el panel.

### *VARIACIÓN NULA EN LA DOSIFICACIÓN DE REGULADORES DE PH*

Cuando la dosificación de los reguladores de pH produzca una variación nula en el pH de la solución se puede inferir que el reservorio del regulador utilizado (pH+ o pH-) se encuentra vacío, por lo tanto, esta condición debe disparar una alarma al panel indicando la situación.

### *VARIACIÓN NULA EN LA DOSIFICACIÓN DE AGUA O SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA EL CONTROL DE CE.*

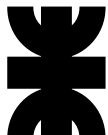
Si al abrir el paso de solución nutritiva concentrada o agua hacia el tanque no produce variación en la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, entonces puede inferirse que el nivel de los tanques de agua o solución nutritiva concentrada (según el tipo de regulación de CE que fuera necesario) se encuentra vacío. Esto debe disparar una alarma al panel indicando esta situación y suspender la operación de control de conductividad eléctrica hasta que el usuario indique que ya realizó la recarga del tanque correspondiente.

## **INFORME DE PROGRAMACIÓN**

Debido a la relevancia que tiene la automatización dentro de este proyecto, y a la longitud de su programación, se decidió colocar la descripción de su funcionamiento en un apartado distinto a la memoria de funcionamiento general del prototipo. A continuación, se detallarán los pormenores del funcionamiento lógico de la parte computacional que opera al módulo.

## **FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROGRAMA**

Se cuenta con un controlador **AXC F 2152** que recibe las señales provenientes de los sensores a través de un módulo de entradas analógicas el cual cuenta con un conversor analógico digital para transformar las señales analógicas de los sensores a palabras en binario que pueden ser

<b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL 	<b>PROYECTO FINAL</b>	<i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i>
<b>Módulo de Hidroponía</b>		Ing. ELECTROMECAÁNICA Página <b>44</b> de <b>120</b>

interpretadas por el controlador. Por otro lado, también se cuenta con un módulo de salidas digitales, el cual envía señales a los relés que activan el funcionamiento de luces, bomba y electroválvulas dentro del módulo.

Dentro de un volumen creado en balena engine gracias al sistema Linux con el que cuentan los controladores de la línea PLCnext, se instala una versión de Node-RED y en base a este se desarrolla el programa necesario para la comunicación del módulo a través de Telegram, cálculo de indicadores de cultivo y la configuración de parámetros de cultivo. (Para la comunicación a través de Telegram el prototipo cuenta con un módulo de comunicación Wi-Fi que no está representado en el esquema).

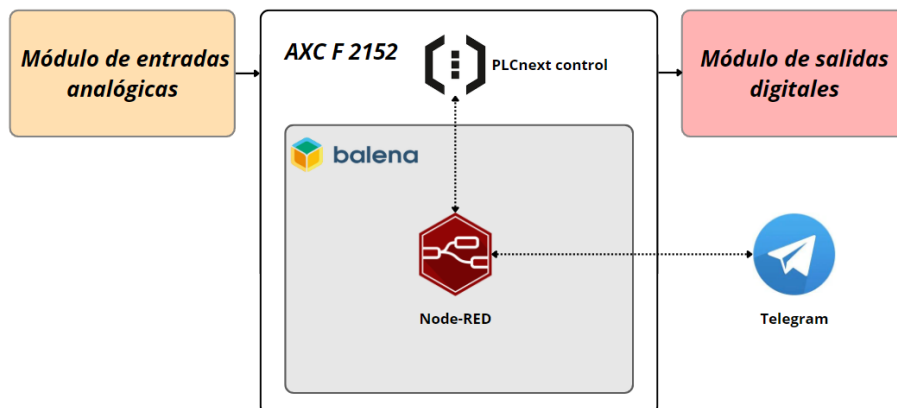


Ilustración 25. Esquema general de funcionamiento del programa.

Para la instalación de los programas, actualización de firmware y carga de archivos en el sistema operativo del controlador se utilizó WinSCP y Putty. Por otro lado, la programación de la lógica propia del controlador y la interfaz gráfica (HMI) se realizó en PLCnext Engineer 2022.6.

## PLCNEXT ENGINEER

### BLOQUES FUNCIONALES

**OBTENER EL TIEMPO:** Este bloque es necesario para diversas funcionalidades que dependen de la hora actual, como lo son la atomización y la iluminación.

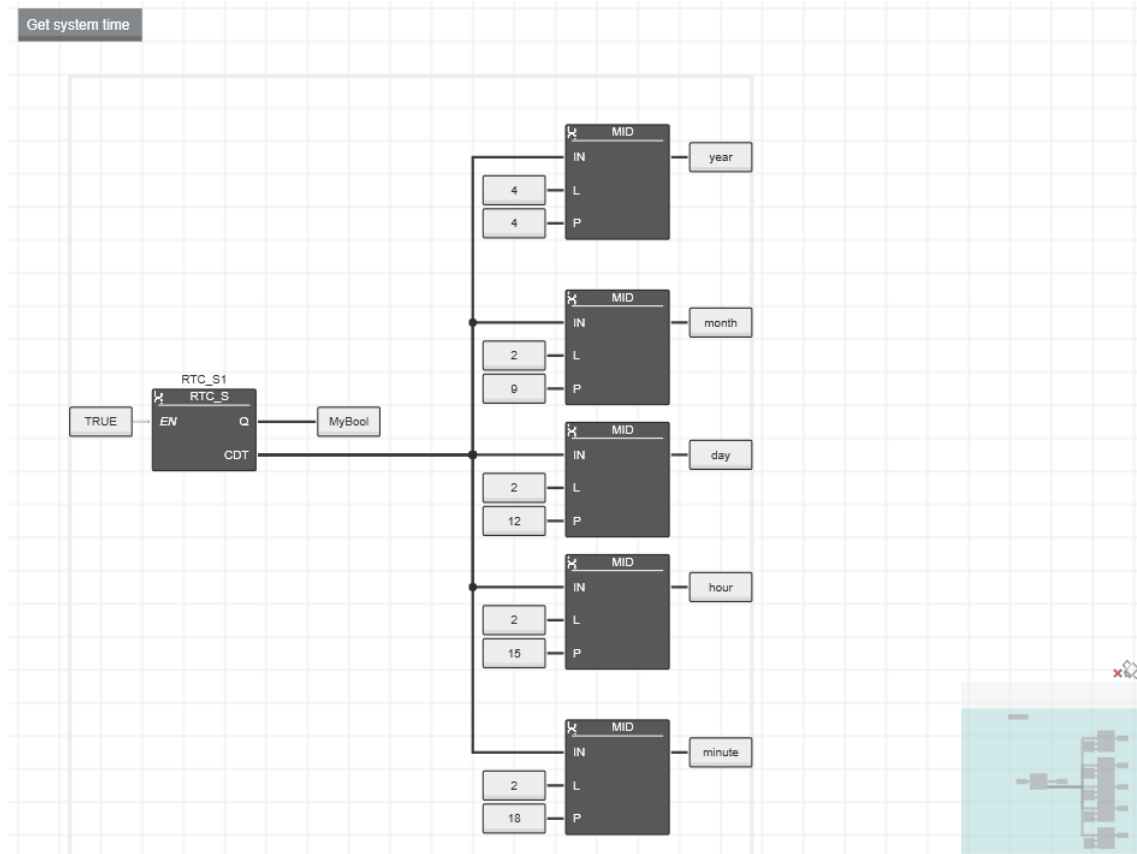


Ilustración 26. Bloque para obtención de tiempo.

RTC\_S1: Este bloque al recibir un valor TRUE en su entrada de habilitación EN devuelve por CDT un tipo de dato STRING con el tiempo actual del controlador, por ejemplo, DT#1998-11-21-15:27:56.46.

Luego a partir de este STRING se obtiene cada uno de los elementos utilizando los bloques MID que devuelven en su salida un STRING de longitud L en la posición P. De esta forma obtenemos como variables, año, mes, día, etc.

**ATOMIZACIÓN:** La atomización se habilitará cuando se produzcan las siguientes condiciones

- iCurrentHour se encuentra entre una hora de inicio iStartHour y una de finalización iStopHour. De esta forma podemos controlar en el horario del día en el que se activa la atomización.
- rLevelSensor es mayor a rMinLev. Para asegurar que la bomba se encienda sólo si el nivel del tanque principal es superior a un nivel mínimo de operación.
- bEnable = TRUE. Esto nos sirve para habilitar o desactivar el bloque de atomización al momento de realizar pruebas en el sistema.

- bPulse = TRUE.

Generador de pulsos: Este nos permite controlar el tiempo apagado y encendido de la atomización dentro del periodo de tiempo comprendido entre iStartHour e iStopHour. Esto lo podemos controlar con tOn\_Period y tOff\_Period.

Nivel de solución nutritiva: Obtenemos el valor de la variable real de la señal analógica a través de un bloque ANL\_AI\_NORM\_3 el cual nos permite obtener el valor real de la variable medida, en este caso el nivel, a partir del tipo de dato INT proveniente del conversor analógico digital con el que cuenta el módulo de entradas analógicas. Para esto son necesarias las siguientes entradas

- iLev\_Sensor: Variable de entrada proveniente del ADC, tipo de dato INT.
- rHiLim: Valor máximo del nivel, puede ser en mm o en %, por ejemplo. Tipo de dato REAL.
- rLoLim: Valor mínimo de nivel. Tipo de dato REAL.
- iModType: Tipo de módulo de entradas analógicas, este número puede encontrarse en la hoja de datos de este. Tipo de dato INT.

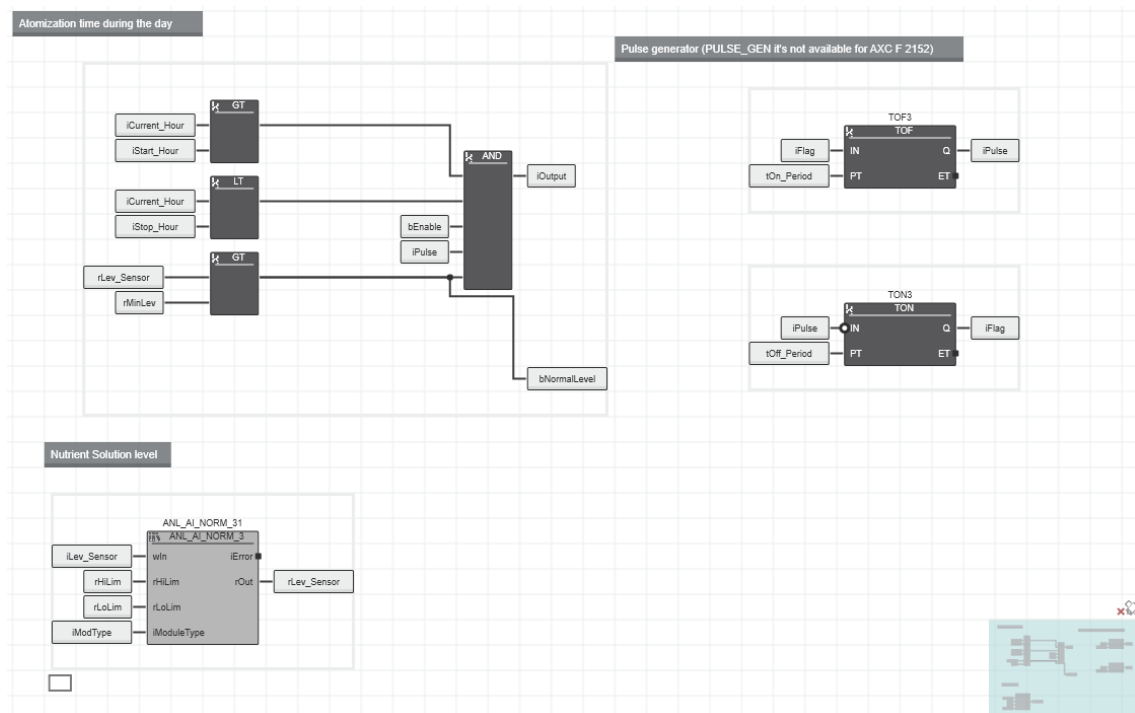



Ilustración 27. Bloque para atomización.

**TEMPERATURA:** El control de temperatura consiste en activar el sistema de enfriamiento evaporativo cuando la temperatura supera un límite superior o el envío de alarmas cuando la temperatura es muy baja. El sistema no tiene un elemento calefactor debido a que, por un lado,

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 47 de 120</p>



el módulo fue diseñado para el cultivo puertas adentro siendo que la temperatura de confort térmico se encuentra dentro del rango óptimo de temperaturas para plantas de tipo C3 y por otro lado con el sentido de evitar un consumo energético excesivo.

**Temperatura máxima:** Para definir el valor máximo de temperatura que será utilizado para el control se utiliza el valor mínimo entre las temperaturas máximas de las plantas cultivadas en cada uno de los niveles.

**Temperatura mínima:** Es el nivel más alto entre las temperaturas de vernalización para cada tipo de planta en la configuración actual.

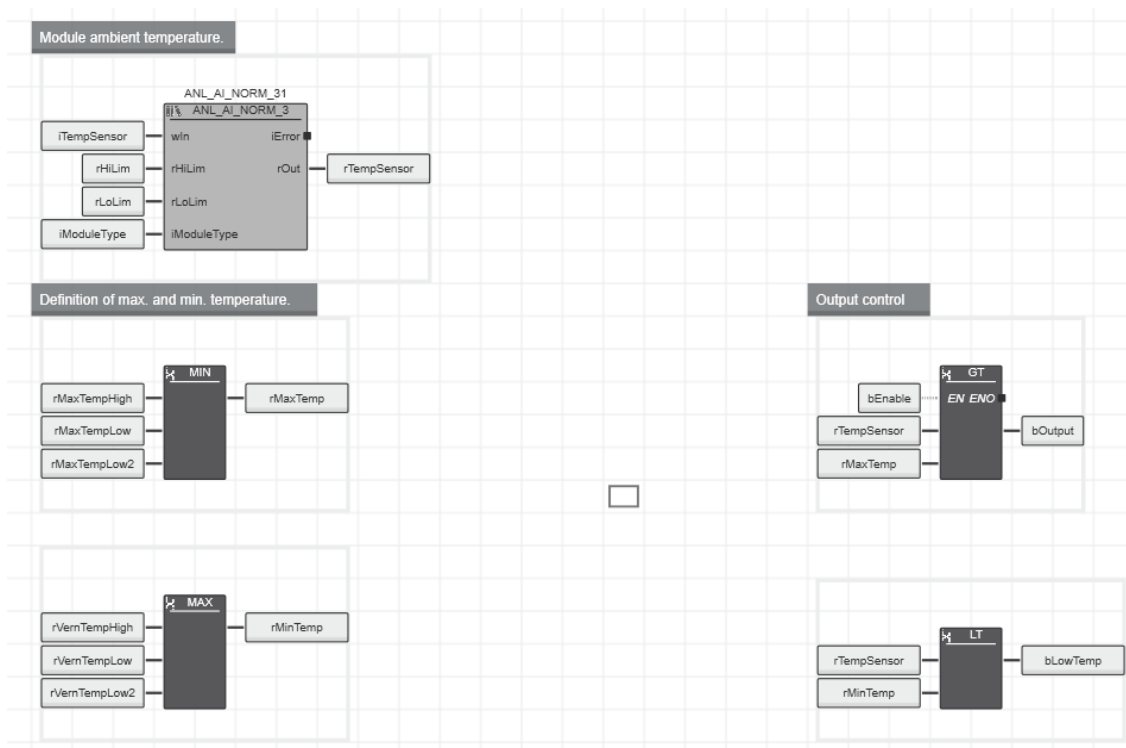


Ilustración 28. Bloque para temperatura.

**HUMEDAD:** Para el control de humedad dentro del ambiente controlado en el módulo se utiliza el valor de rRH\_sensor.

- En el caso de que rRH\_sensor sea menor a rLoLim\_RH (Ambiente con baja humedad relativa) y el bloque de función se encuentre habilitado (bEnable = TRUE). Entonces se enciende la bomba y las electroválvulas necesarias para que esta bombee desde el tanque de agua (ubicado en la parte superior del tablero hidráulico) hacia los atomizadores de ambiente. Esto es por un periodo determinado por tHumPeriod.

- Si  $rRH\_sensor > rHiLim$  (Ambiente con alta humedad relativa) y el bloque de humidificación esté habilitado se encienden los ventiladores por un periodo  $tVentPeriod$ .

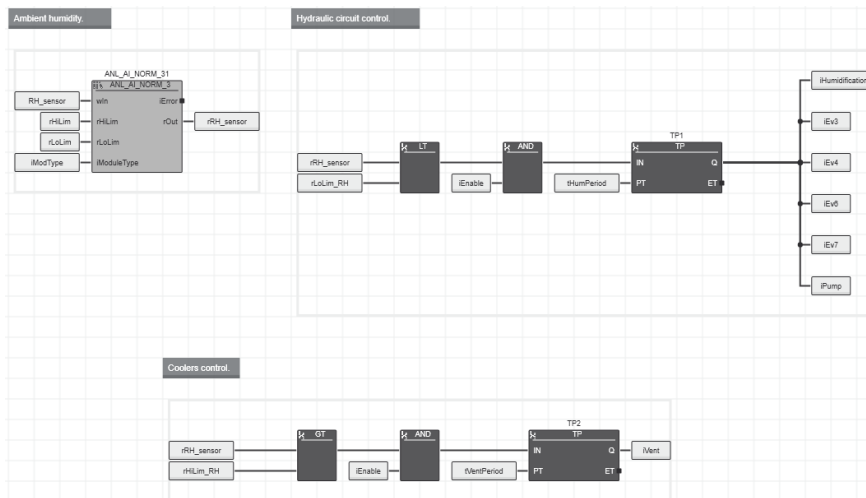


Ilustración 29. Bloque para humedad.

**CONTROL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:** En el caso del control de conductividad eléctrica se utilizan los tanques de solución nutritiva concentrada y agua, ubicados en la parte superior del tablero hidráulico. El control se realiza a partir del tiempo de apertura de las electroválvulas EV1 y EV2 que comunican con el tanque principal.

*Mezclado:* Además de esto, se debe tener en cuenta que la solución nutritiva luego de dosificar agua o solución nutritiva concentrada es una mezcla no homogénea. Por lo que es necesario encender un mezclador antes de tomar una nueva medición de la conductividad eléctrica. Por otro lado, se pueden producir errores en la medición si la solución está en movimiento por esto se debe esperar un cierto tiempo luego de mezclar la solución nutritiva antes de tomar una nueva medición.

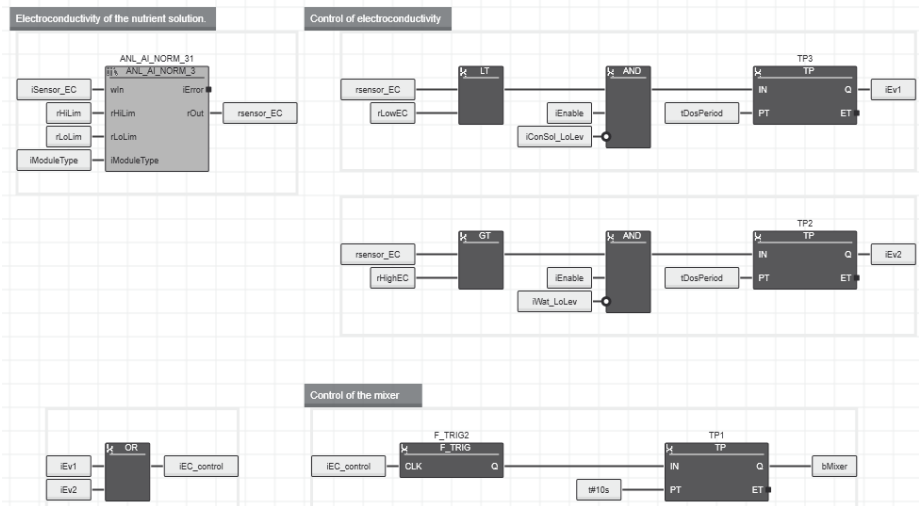


Ilustración 30. Bloque para conductividad eléctrica.

**Alarmas de nivel:** Para asegurar la facilidad de uso del módulo y un bajo grado de intervención del usuario en el funcionamiento de este, es necesario enviar alarmas cuando es necesario rellenar el tanque de solución nutritiva concentrada o el de agua. Asimismo, utilizar sensores de nivel en ambos tanques sería muy costoso, por esto la detección de bajo nivel de estos tanques se realiza de forma indirecta a partir del valor previo y posterior a una dosificación de la conductividad eléctrica en la solución nutritiva. Entonces tenemos lo siguiente:

`rEC_LoValue` o `rEC_HiValue` toman el valor de `rSensor_EC` cuando se activa el control de conductividad eléctrica (`bEC_control = TRUE`).

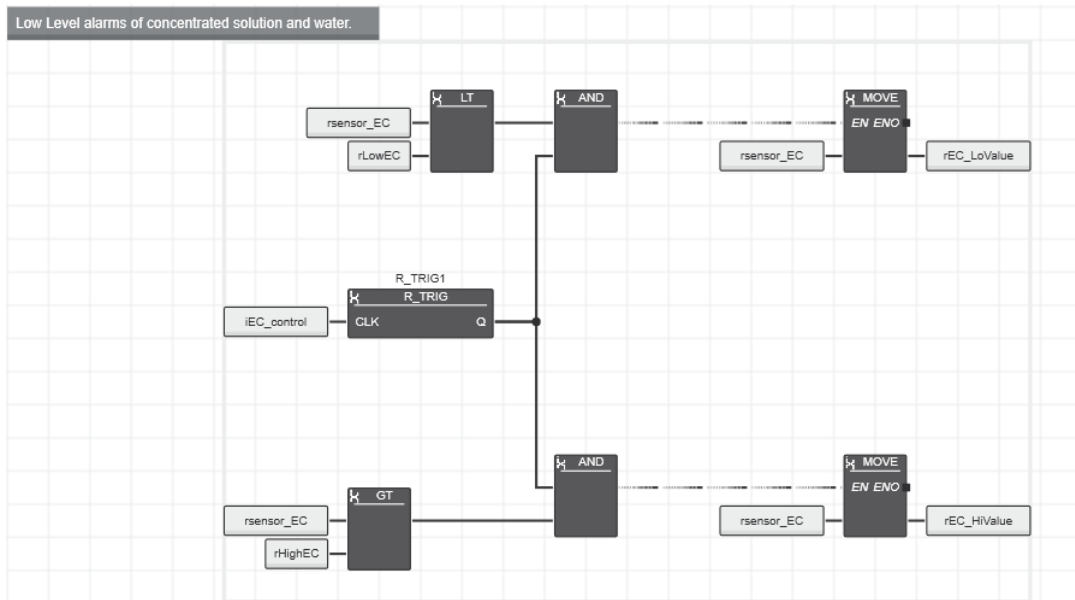


Ilustración 31 Bloque de sensado de conductividad.

rEC\_FinalValue toma el valor de rsensor\_EC 10 segundos después de que se apague el mezclador.

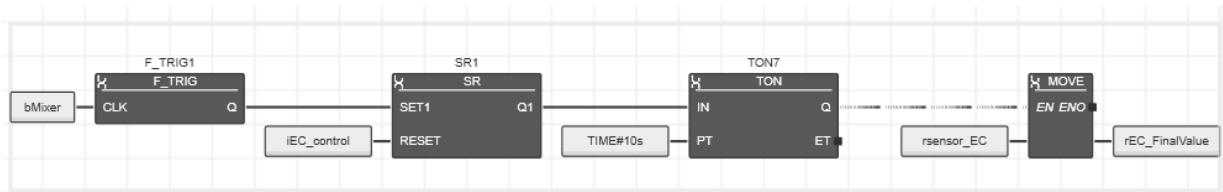


Ilustración 32. Bloque de control de mezclado.

Luego se compara el valor final con los valores iniciales y si estos coinciden entonces las variables bConSol\_LoLev o bWat\_LoLev cambian de FALSE a TRUE.

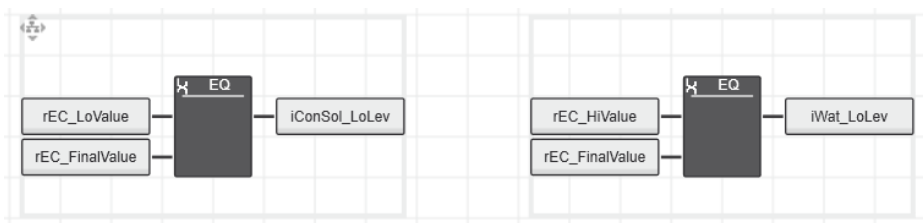


Ilustración 33. Continuación de bloque de control de mezclado.

Luego estas variables son utilizadas para enviar mensajes de alarmas a través de Telegram.

**CONTROL DE PH:** Este control tiene condiciones similares al de conductividad eléctrica, por esto cuenta con una lógica para detectar un nivel bajo de las botellas de reguladores de pH y a

su vez se debe activar un mezclador para lograr que la solución nutritiva sea una mezcla homogénea.

La principal diferencia reside en el método de dosificación, en este caso se dosifica a través del control de una válvula *tipo “Y” que es accionada a través de un motor paso a paso*. Cuando se requiere un aumento del pH el motor gira en un sentido y gira en el contrario cuando se necesita un decremento.

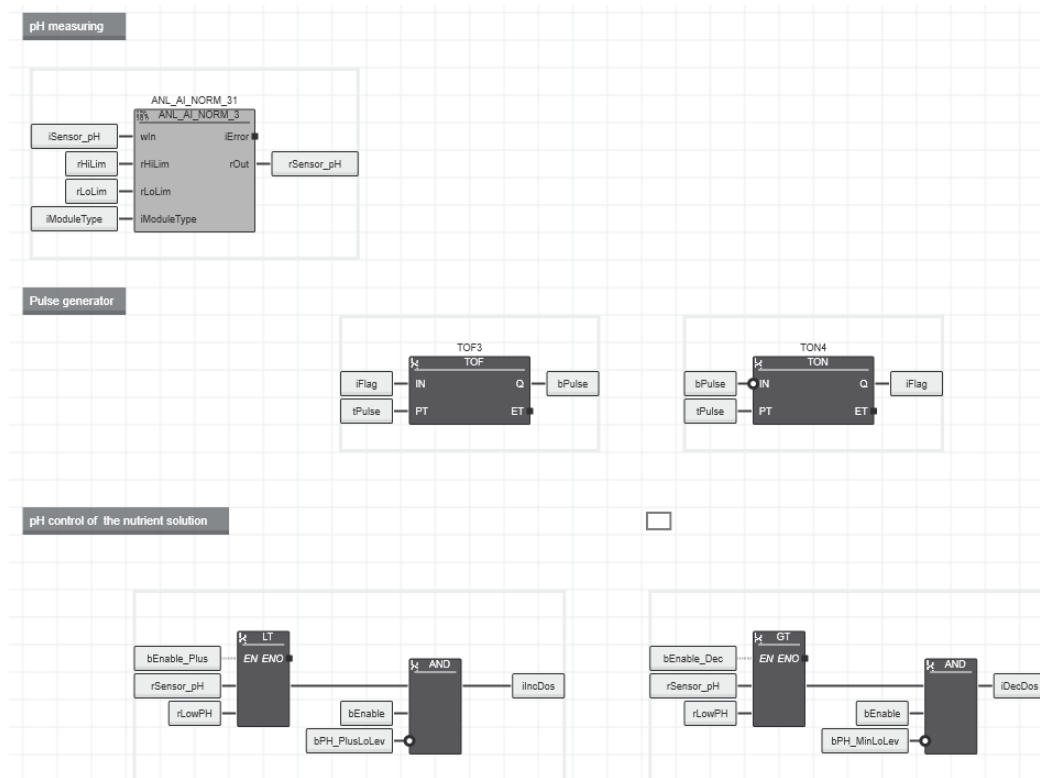


Ilustración 34. Bloque de control de pH.

Se necesita que, independientemente de si se requiere un aumento o disminución del pH, el motor gire en un sentido para la apertura, espere un periodo en el que el regulador de pH ingresa al tanque principal y finalmente gire en sentido opuesto al inicial para cerrar la válvula. Para ejecutar esto el programa no distingue entre si es necesario un aumento o decremento si no que en el caso de que se de cualquiera de las condiciones ( $rSensor\_pH < rLowPH$  o  $rSensor\_pH > rHighPH$ ) entonces:

- activa la variable *bOpen* para abrir la válvula
- y un despues de un tiempo dado (*tDosPeriodPH*) realiza el cierre activando *bClose*

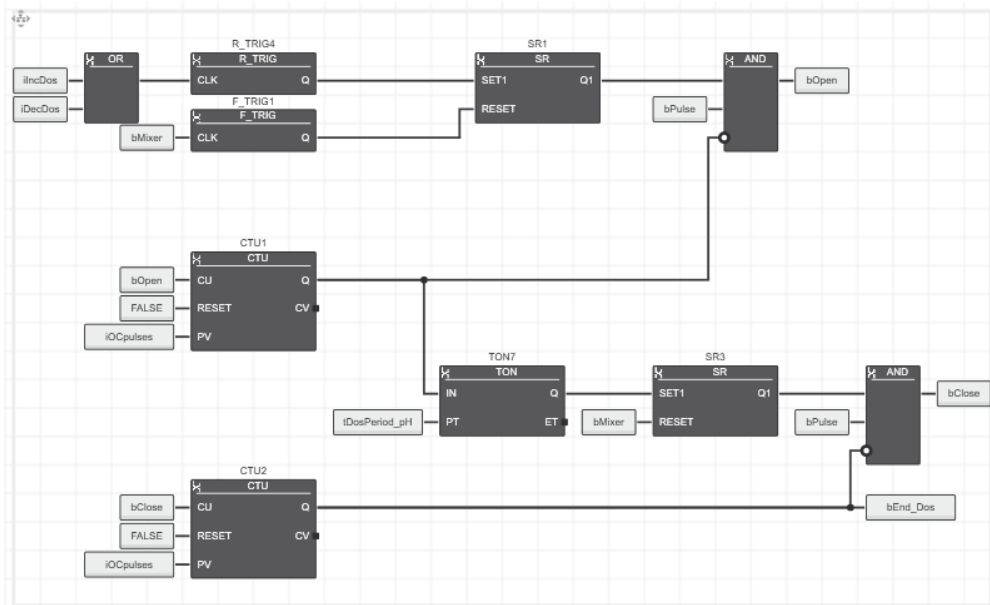


Ilustración 35. Bloque de apertura de válvula para pH.

Además de esto el programa debe iniciar el funcionamiento del mezclador una vez realizada la dosificación ya que, al igual que como ocurre con la conductividad eléctrica, la mezcla de la solución nutritiva y el regulador de pH debe ser homogénea para tomar una buena medición.

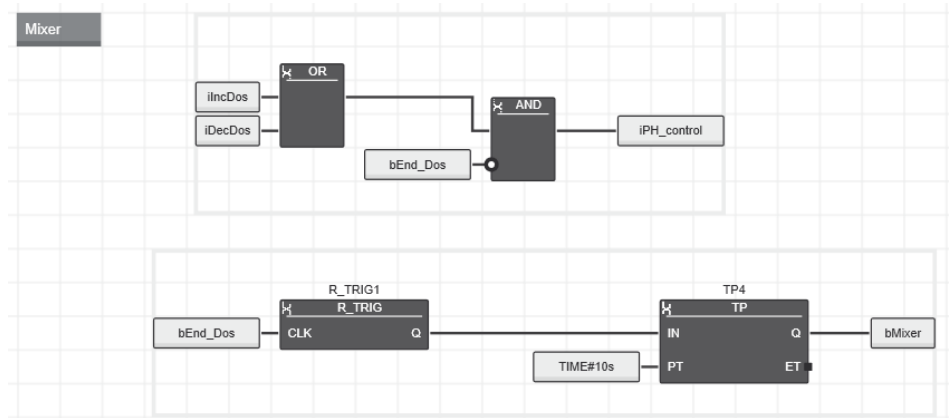


Ilustración 36. Bloque para mezclador.

Por otro lado, el programa determina cuando alguna de los reservorios de los reguladores de pH se encuentran vacío. Esto se logra a partir de un sistema de detección similar al utilizado para la conductividad eléctrica.

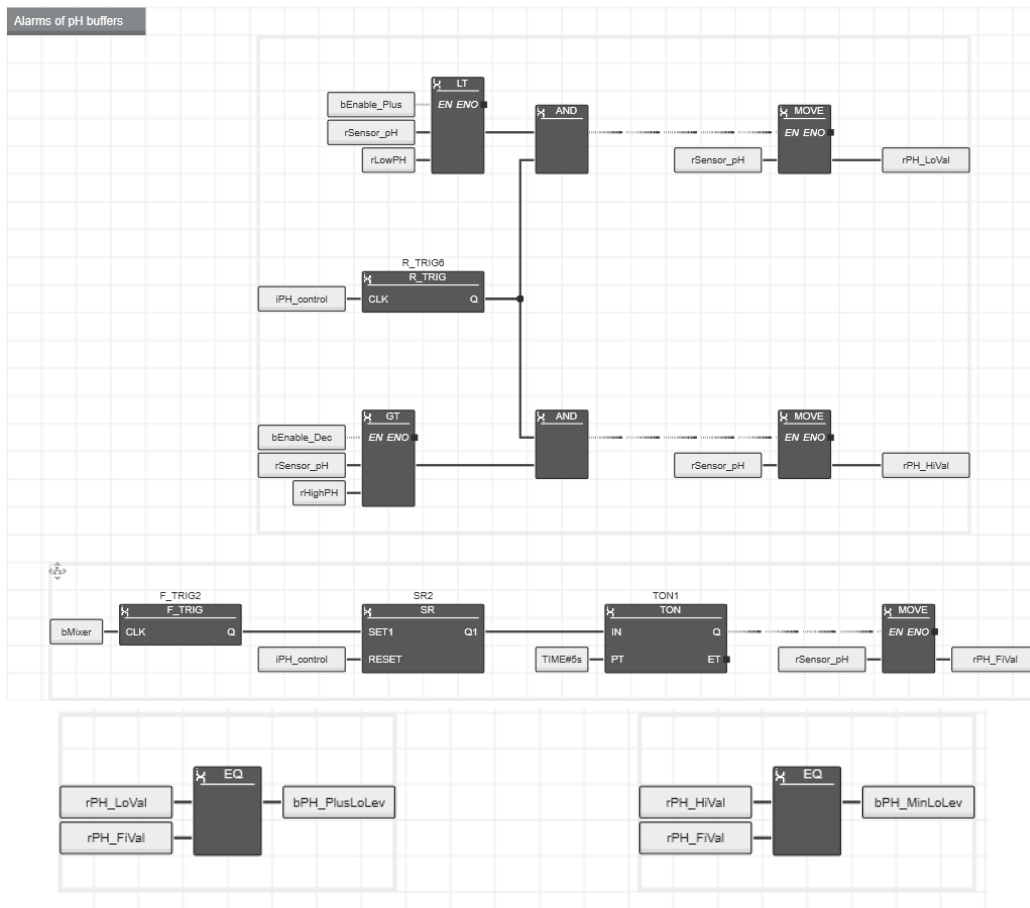


Ilustración 37. Bloque de alarmas de nivel para pH.

**ILUMINACIÓN:** Para el control de la iluminación simplemente se verifica que el horario sea superior al horario de inicio y luego se enciende la salida durante un periodo de tiempo tPhotoperiod, utilizando un bloque TP.

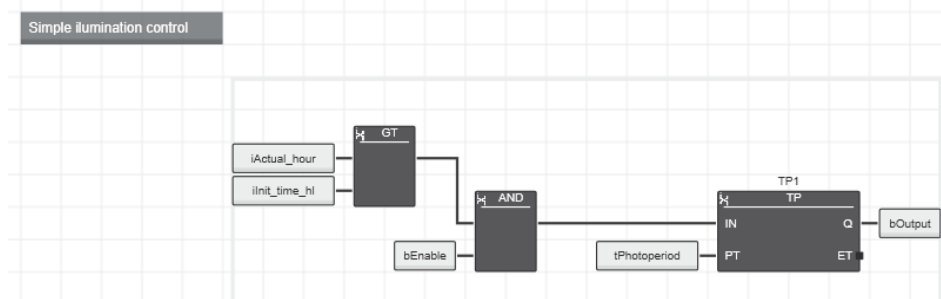


Ilustración 38. Bloque de iluminación.

**INDICADORES DE CULTIVO:** Los indicadores de cultivo se calculan a partir del modelo de la etapa fenológica de una planta en función de sus grados días acumulados hasta ese momento por la misma. Responde a la siguiente fórmula:

$$GD = \sum_{i=1}^n t_{di} - t_v$$

Siendo

$GD \rightarrow$  grados – día de la planta

$n \rightarrow$  días de crecimiento de la planta

$t_{di} \rightarrow$  temperatura promedio del día  $i$

$t_v \rightarrow$  temperatura de vernalización de la planta

Cuando este valor supera un umbral para dicha etapa fenológica se infiere a través del modelo que la planta pasó a otra etapa fenológica. Se utiliza el umbral que indica que la planta está lista para ser cosechada, entonces si dividimos los GD de una planta sobre este umbral y lo expresamos en porcentaje, tendremos el porcentaje de crecimiento de la planta referido a los GD necesarios para llegar a la etapa fenológica en la que está lista para ser consumida.

El valor de grados día de cada planta (rDD) se determina en el programa de Node-RED y se guarda en dicha variable para cada nivel. Luego en el tiempo de ejecución del PLC se determina el porcentaje de crecimiento de cada planta teniendo en cuenta los grados-día máximos de la planta cultivada en ese nivel rDD\_Max.

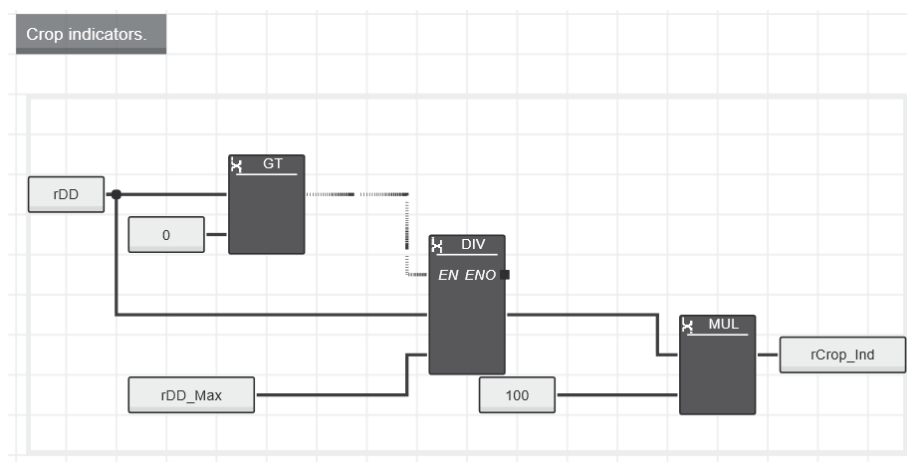



Ilustración 39. Bloque para indicadores de cultivo.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 55 de 120</p>



En el programa se verifica que  $rDD > 0$  para no provocar una indeterminación del tipo 0/0.

## PANTALLA HMI

El módulo cuenta con un Web Panel táctil desde el cual se pueden realizar configuraciones de cultivo e interfaz y también consultar variables en tiempo real, como lo son los indicadores de cultivo y las variables físicas (temperatura, humedad relativa, conductividad eléctrica, pH y nivel).

Para el funcionamiento del web panel el PLC se comporta como un servidor web que se comunica con el panel (cliente) a través de protocolo http.

**DIAGRAMA DE NAVEGACIÓN:** Este diagrama permite definir cómo se realizará la navegación entre las diferentes páginas.

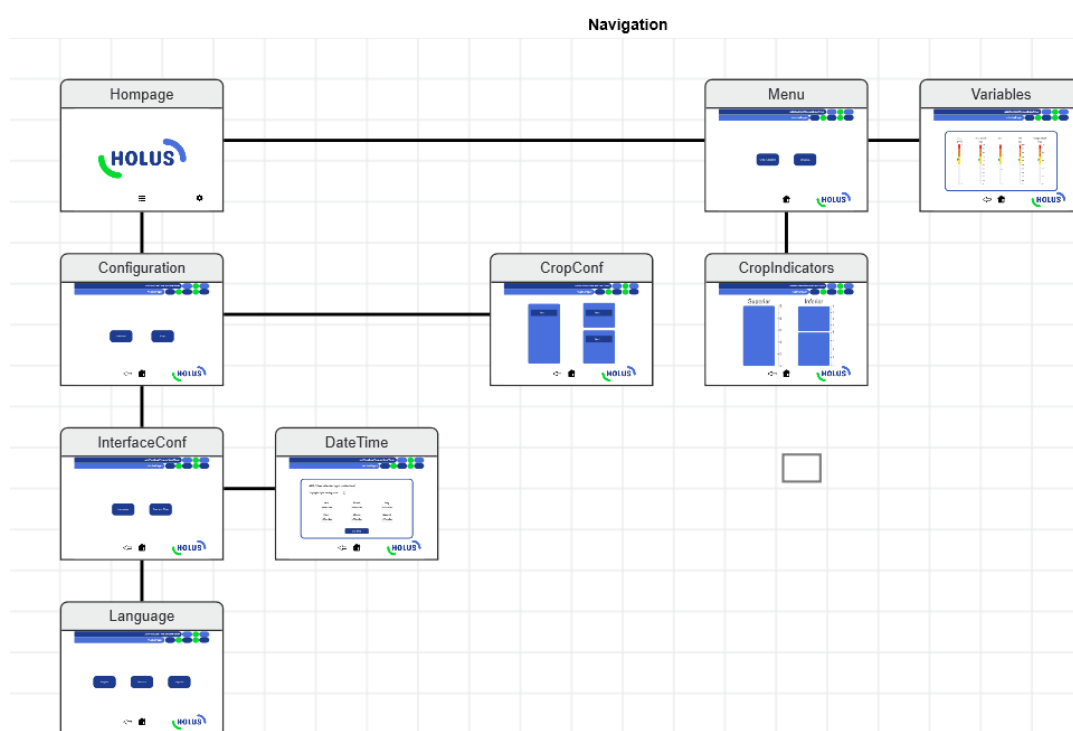


Ilustración 40. Diagrama de navegación.

## PÁGINAS

Las siguientes son capturas de todas las páginas con las que cuenta la interfaz. El objetivo de ellas es conformar una interfaz sencilla para el usuario.

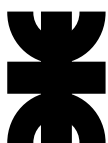




Ilustración 41. HMI - Página de inicio.

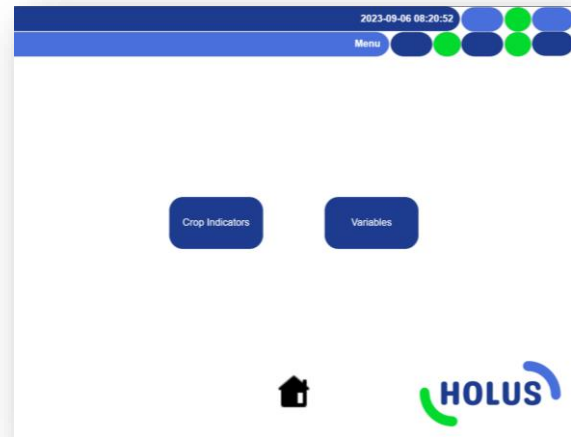


Ilustración 42. HMI - Menú.

Desde el menú podemos acceder a la visualización de las variables e indicadores de cultivo.

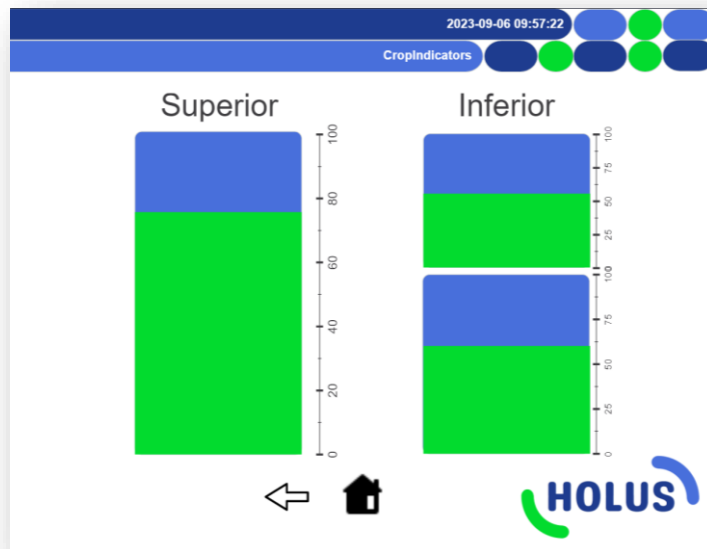


Ilustración 43. HMI - Indicadores de cultivo.

Las barras de progreso verdes se escalan en altura proporcionalmente al indicador de cultivo de cada uno de los niveles.

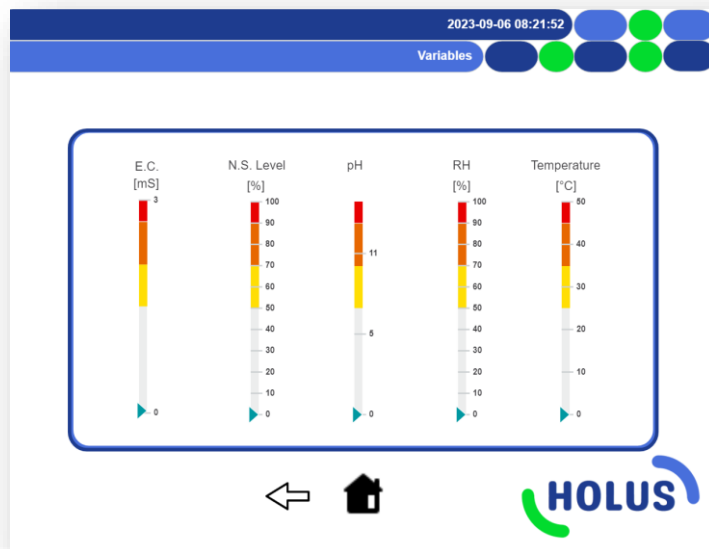


Ilustración 44. HMI - Variables.

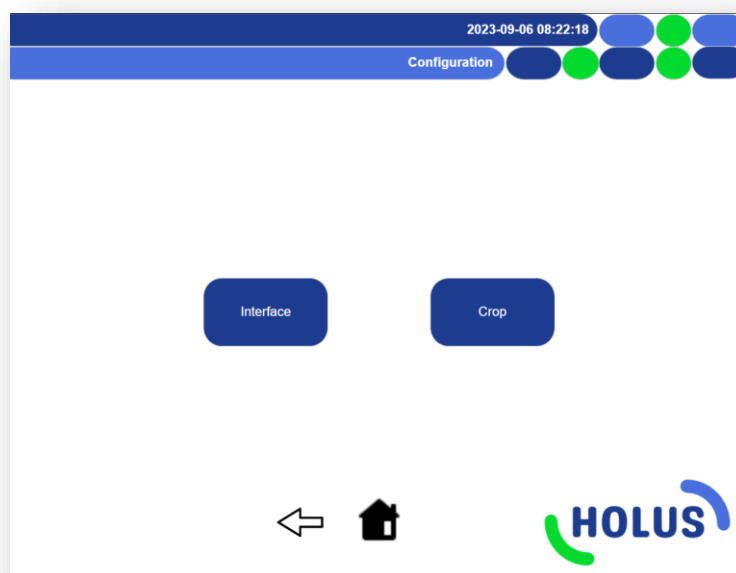
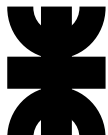


Ilustración 45. HMI - Configuración.

Presionando el engranaje en la pantalla principal accedemos al menú de configuración, donde podemos elegir entre la configuración de la interfaz (idioma, fecha y hora) o a la configuración de cultivo.

<p><b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p>
		<p>Página 58 de 120</p>

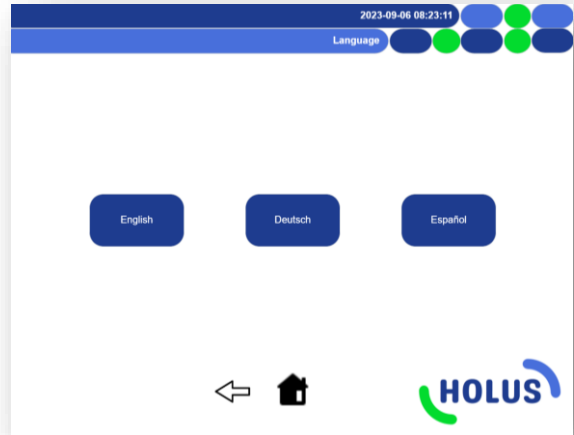
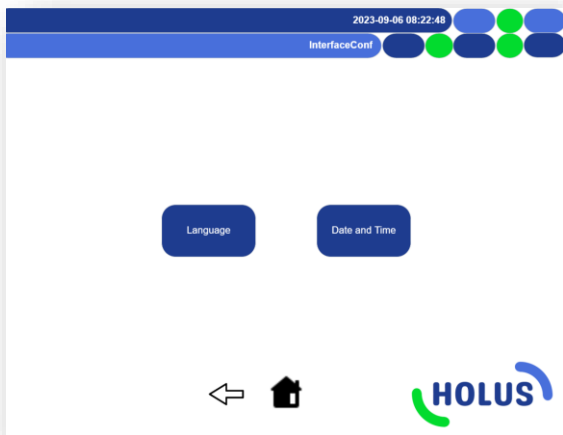


Ilustración 46. HMI - Configuración de la interfaz. Ilustración 47. HMI - Configuración de idiomas (1).

Desde la configuración de idiomas podemos seleccionar entre inglés, alemán y español. En la siguiente captura podemos ver reflejado el cambio al seleccionar español.

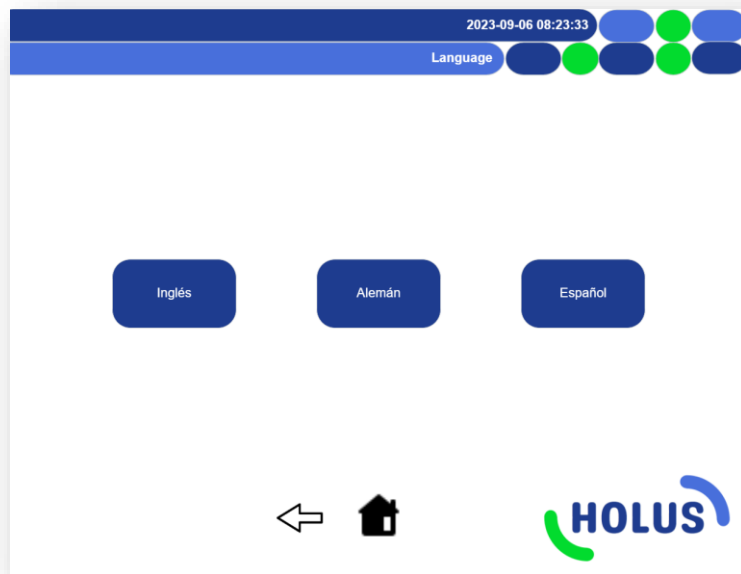
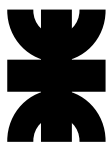
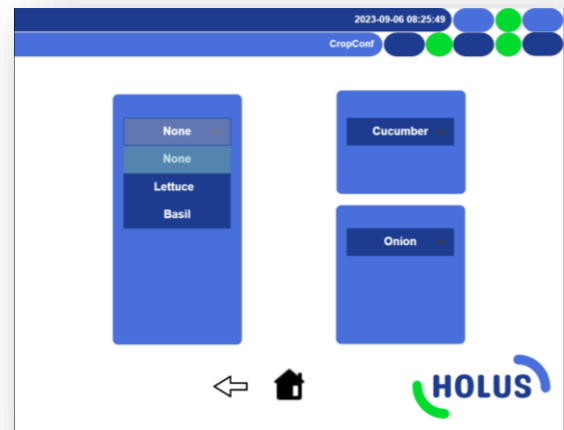
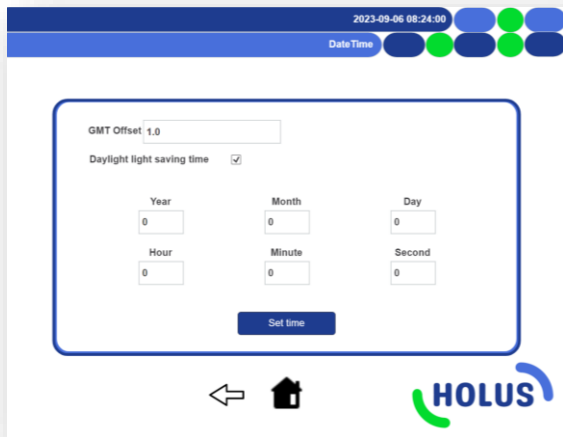


Ilustración 48. HMI - Configuración de idiomas (2).

<p><b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 59 de 120</p>



*Ilustración 49. HMI - Configuración de fecha y hora. Ilustración 50. HMI - Configuración de cultivo.*

Desde la página de configuración de cultivo podemos seleccionar qué verdura cultivaremos en cada uno de los niveles, a la izquierda seleccionamos las plantas livianas del nivel superior y a la derecha las del nivel inferior, tubérculos y plantas pesadas.

## NODE-RED

Node-RED es una herramienta de programación low-code desarrollada en javascript para aplicaciones accionadas por eventos. Es muy útil para comunicar diferentes dispositivos con diversos protocolos de comunicación en aplicaciones de IOT (Internet Of Things).

Conexión con el PLC: Para esto se utilizaron los nodos de `@kjalr/node-red-plc-next-connector`.

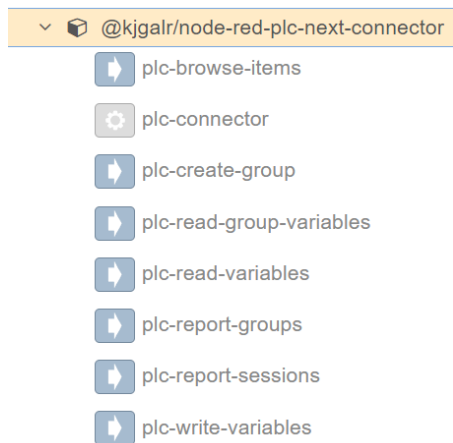


Ilustración 51. Nodos para la conexión con el PLC.

Estos nodos nos permiten obtener las variables que se encuentran en el tiempo de ejecución del PLC y utilizar sus valores en funciones dentro de Node-RED. Además de esto podemos escribir valores en las variables del PLC.

A partir del siguiente flujo obtenemos cada un intervalo de tiempo definido en el nodo *Timestamp*, los valores de las variables en el PLC.

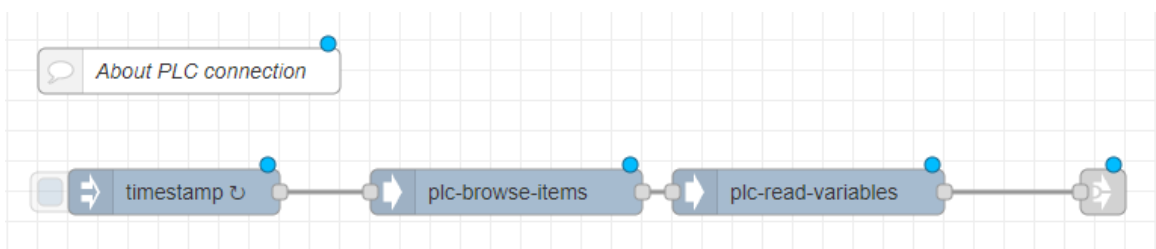



Ilustración 52. Lectura de variables del PLC.

*BOT de telegram*

El siguiente es el flujo del programa en Node-RED para el bot de Telegram. Se utilizaron los nodos de *node-red-contrib-telegrambot*. Los que permiten utilizar ejecutar funciones a partir de comandos de un Bot creado con la API gratuita de Telegram.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 61 de 120</p>

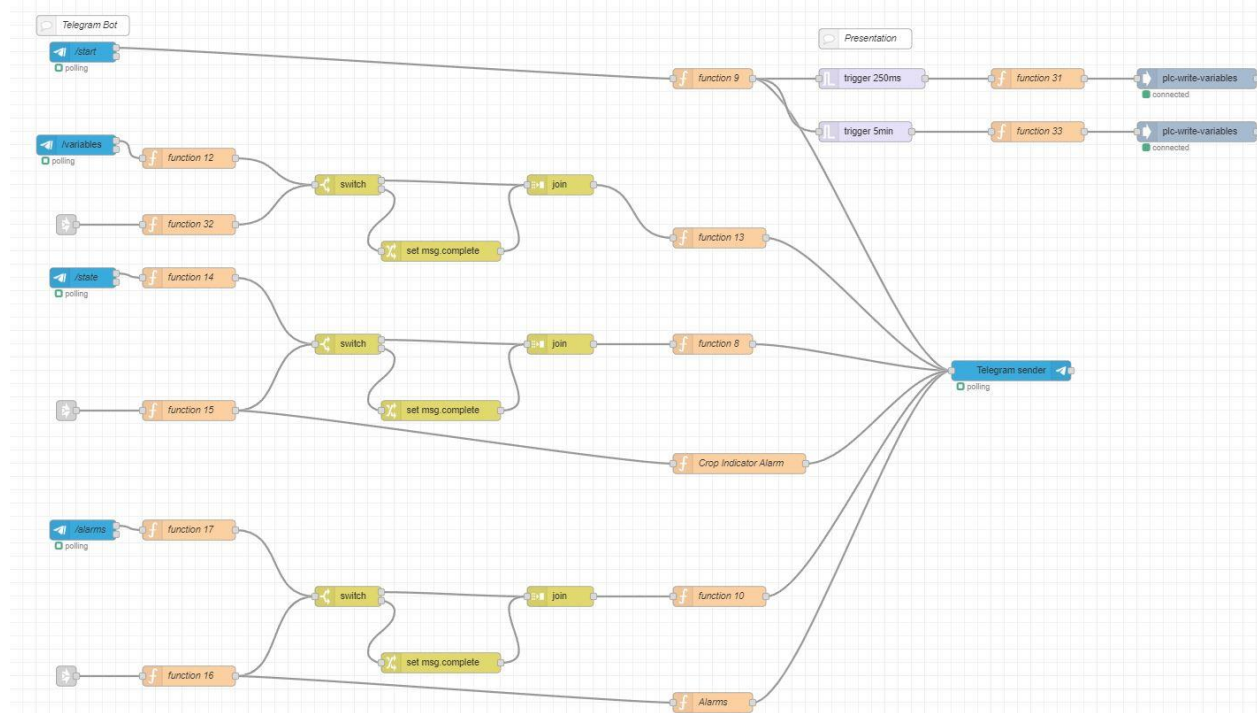


Ilustración 53. Flujo para el bot de telegram.

Los nodos al inicio del flujo son nodos de comando, es decir, cuando el usuario envía un comando al Bot estos ejecutan la función que tienen en su salida (function 12 en el caso del comando /variables).

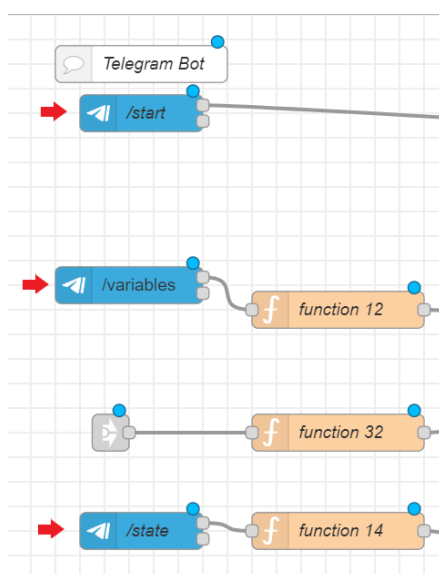


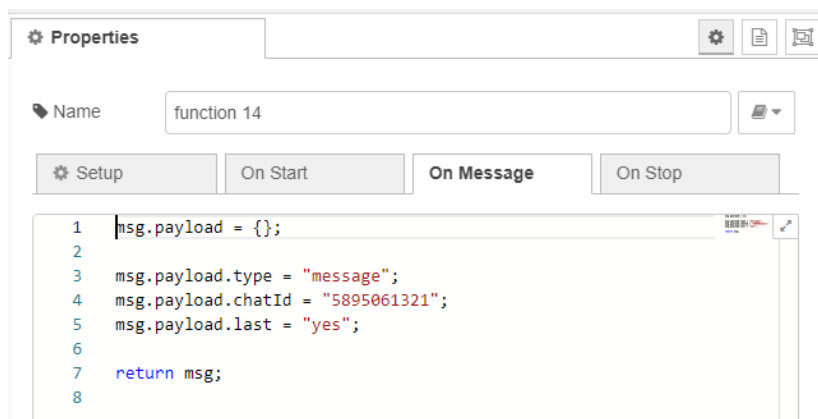
Ilustración 54. Nodos de comando.

## FUNCIONAMIENTO GENERAL

Presentamos únicamente el funcionamiento de la rama de estado de cultivo, ya para las demás funcionalidades del Bot la lógica es similar.

Inicia con el nodo de comando /state. Esta rama tiene las siguientes funcionalidades

- Responde con el estado de cultivo (valores de los indicadores de cultivo), cuando el usuario envía el comando /state.
- Envía una alarma cuando alguno de los indicadores de cultivo superó el 100%. Esto indica, según el modelo de predicción de crecimiento, que las plantas están listas para cosecharse.



```
1 msg.payload = {};  
2  
3 msg.payload.type = "message";  
4 msg.payload.chatId = "5895061321";  
5 msg.payload.last = "yes";  
6  
7 return msg;  
8
```

Ilustración 55. Función 14.



```
1  
2  
3 var crop_ind_high = msg.payload.variables[3].value;  
4  
5 var crop_ind_low = msg.payload.variables[6].value;  
6  
7 var crop_ind_low2 = msg.payload.variables[23].value;  
8  
9  
10 msg.payload = {}  
11 msg.payload.crop_ind_high = crop_ind_high;  
12 msg.payload.crop_ind_low = crop_ind_low;  
13 msg.payload.crop_ind_low2 = crop_ind_low2;  
14 msg.payload.last = "no";  
15  
16 return msg;  
17
```

Ilustración 56. Función 15.



Para evitar que los mensajes se envíen cada vez que se actualiza el valor de los indicadores de cultivo se utiliza el siguiente flujo.

- El nodo switch recibe ambos mensajes, el del nodo de comando que es activado cuando el usuario envía el comando y, por otro lado, el proveniente del nodo de función 15, el cual contiene los valores de los indicadores de cultivo.

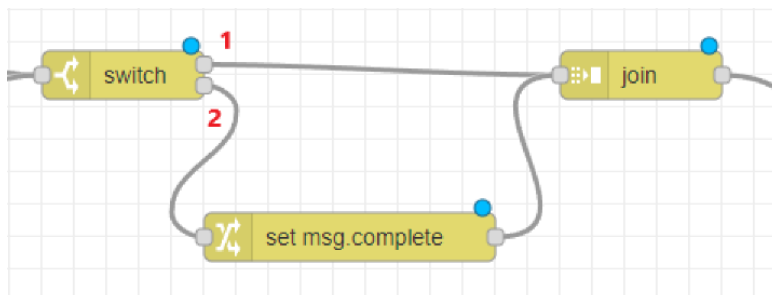


Ilustración 57. Nodo switch.

- A través de la salida 1 envía los datos provenientes de la función 15.
- Por la salida 2 envía el mensaje proveniente del nodo comando sólo cuando es activado.
- Una vez que se recibe un mensaje completo en el nodo JOIN, se unifican los mensajes en un mismo objeto y se envían a través de la salida de este.

Luego la función 8 utiliza este objeto para crear el objeto que es enviado al nodo de envío de mensajes:

function 8


Setup On Start On Message On Stop

```

1 var cropGrowthPercentageHigh = msg.payload.crop_ind_high;
2 var cropGrowthPercentageLow = msg.payload.crop_ind_low;
3 var cropGrowthPercentageLow2 = msg.payload.crop_ind_low2;
4
5 msg.payload = {};
6 msg.payload.type = "message";
7 msg.payload.chatId = "5895061321";
8 msg.payload.content = "🌱 Crop Growth Monitoring 🌱\n\nCrop Growth Percentage \n\nHigh level: " + cropGrowthPercentageHigh
9 + "% \n\nTubers level: " + cropGrowthPercentageLow + "% \n\nHeavy plants level: "
10 + cropGrowthPercentageLow2 + "% \n\nYour crops are thriving! Happy gardening! 🌿💧🍷";
11 return msg;
12

```

Ilustración 58. Función 8.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 64 de 120</p>

Finalmente, para controlar el envío de alarmas para los indicadores de cultivo se cuenta con la siguiente función.


```

  Setup | On Start | On Message | On Message
1 // Code added here will be run once
2 // whenever the node is started.
3
4
5 if (context.get("highMessageSended") === undefined) {
6
7     context.set("highMessageSended", false);
8     context.set("lowMessageSended", false);
9     context.set("low2_MessageSended", false);
10 }

```

*Ilustración 59. Control de mensaje de alarma.*

Al inicio de la ejecución del programa si las variables que indican que el mensaje fue enviado, no están definidas entonces se les da un valor FALSO.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 65 de 120</p>

```


* Properties
Name Crop Indicator Alarm
Setup On Start On Message On Stop
1 var crop_ind_high = msg.payload.crop_ind_high;
2 var crop_ind_low = msg.payload.crop_ind_low;
3 var crop_ind_low2 = msg.payload.crop_ind_low2;
4
5
6 var message_high = "🎉 Congratulations! Your crops on the high level have reached the optimal level";
7 var message_low = "🎉 Congratulations! Your tubers crops on low level have reached the optimal level";
8 var message_low2 = "🎉 Congratulations! Your crops on low level have reached the optimal level";
9
10
11 msg.payload = {};
12 msg.payload.type = "message";
13 msg.payload.chatId = "5895061321";
14
15
16
17 if (highMessageSended === undefined) {
18
19     var highMessageSended = context.get("highMessageSended");
20     var lowMessageSended = context.get("lowMessageSended");
21     var low2_MessageSended = context.get("low2_MessageSended");
22 }
23
24
25
26 if (crop_ind_high >= 100.0 && highMessageSended == false){
27
28     msg.payload.content = message_high;
29
30     context.set("highMessageSended", true);
31
32     return msg;
33
34 }
35 else if (crop_ind_high == 0.0 && highMessageSended == true){
36
37     context.set("highMessageSended", false);
38
39 }
40
41
42
43 if (crop_ind_low >= 100.0 && lowMessageSended == false) {
44
45     msg.payload.content = message_low;
46
47     context.set("lowMessageSended", true);
48
49     return msg;
50
51 }
52 else if (crop_ind_low == 0.0 && lowMessageSended == true) {
53
54     context.set("lowMessageSended", false);
55
56 }
57
58
59 if (crop_ind_low2 >= 100.0 && low2_MessageSended == false) {
60
61     msg.payload.content = message_low2;
62
63     context.set("low2_MessageSended", true);
64
65     return msg;
66
67 }
68 else if (crop_ind_low2 == 0.0 && low2_MessageSended == true) {
69
70     context.set("low2_MessageSended", false);
71
72 }
73
74
75

```

Ilustración 60. Nodo Crop Indicator Alarm.

Se verifica que un mensaje de alarma ha sido enviado o no, debido a que de lo contrario se estaría enviando el mensaje cada vez que se realiza la lectura de la variable. Además, cuando se inicia un nuevo ciclo y el indicador devuelta se encuentra en 0.0 se debe indicar que para dicho ciclo el mensaje de alarma no ha sido enviado aún.

**PARÁMETROS DE CULTIVO:** Estos parámetros son los rangos o valores óptimos para el crecimiento de cada una de las plantas dentro de las opciones en la configuración de cultivo. Cuando el usuario selecciona el tipo de planta que va a cultivar en un nivel desde la página de configuración de cultivo, el programa se encarga de establecer los rangos de control de manera que todas las plantas en la configuración se encuentren dentro sus valores óptimos para el crecimiento. Los siguientes flujos forman parte de este programa en Node-RED.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 66 de 120</p>

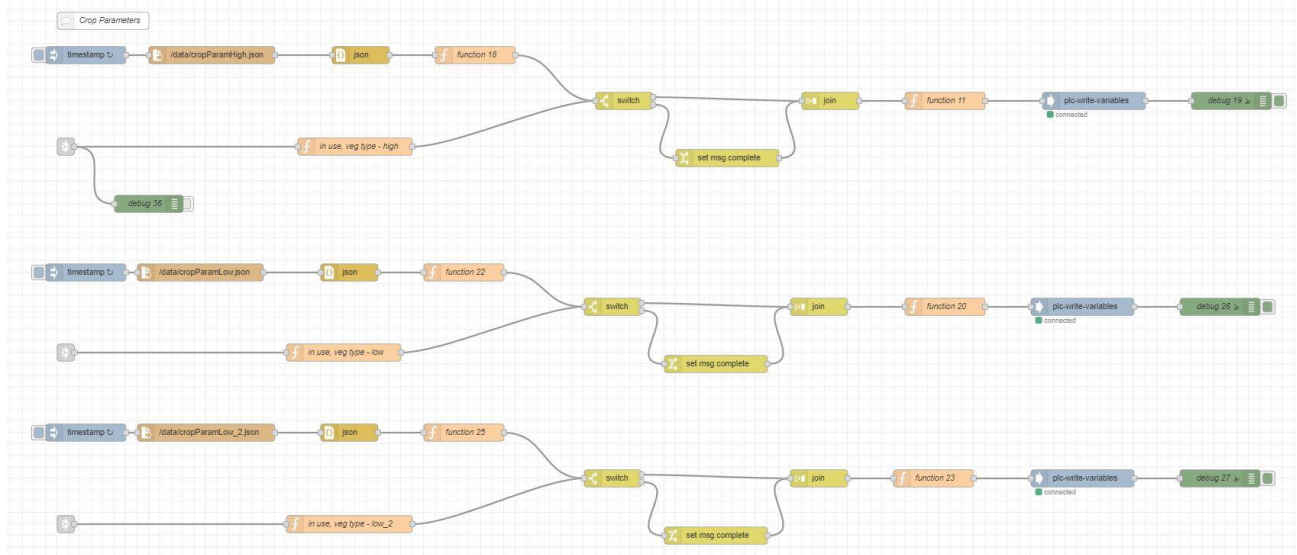


Ilustración 61. Flujos de parámetros de cultivo en Node-RED.

El funcionamiento es el siguiente

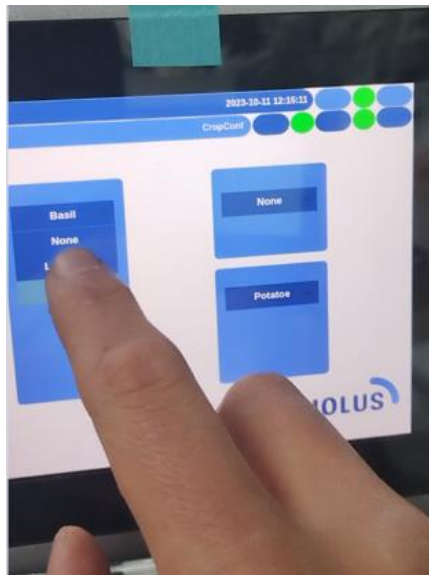


Ilustración 62. Selección del vegetal a cultivar en Configuración de cultivo.

Una vez que el usuario selecciona un tipo de vegetal la variable *veg\_type* del nivel modificado cambia de valor dependiendo de la posición en la lista.

Text List	Resources		
<b>Text List</b>			
Text	Start Value	End Value	Write Value
High Level	Default	Default	0
None	0	0	0
Lettuce	1	1	1
Basil	2	2	2

Ilustración 63. Text List del nivel superior. (Los valores corresponden a MainInstance.iVeg\_Type\_High)

Cuando esta variable es distinta a 0, se produce el cambio de FALSE a TRUE de una variable booleana que indica si el nivel está siendo utilizado o no. Esta variable permite activar o desactivar funcionalidades para dicho nivel con el objetivo de ahorrar energía cuando no se encuentra en uso.

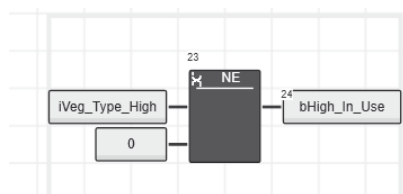


Ilustración 64. Extracto del programa Main.

Luego ambas variables son utilizadas en el flujo de Node-RED para leer los parámetros de cultivo para el vegetal seleccionado desde un archivo de JSON para luego escribirlos en las variables correspondientes en el tiempo de ejecución del PLC.

### Lectura de los archivos de JSON

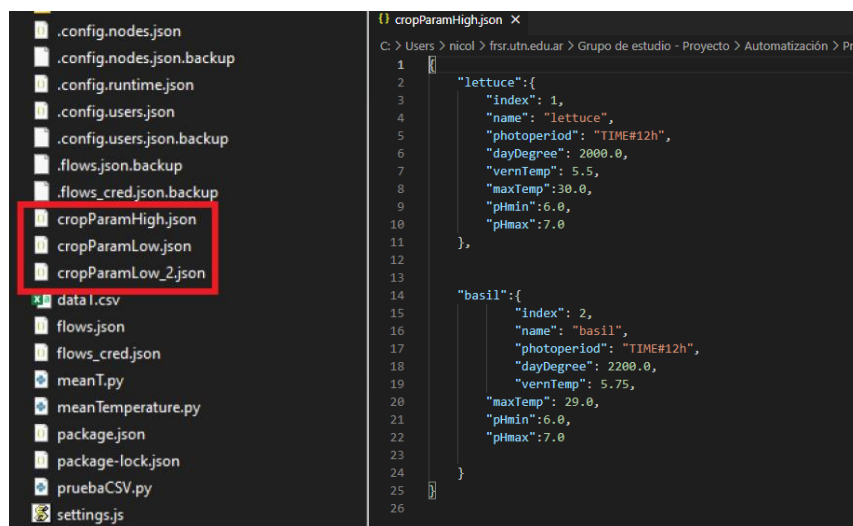



Ilustración 65. Ubicación y contenido de los archivos de JSON dentro del PLC.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 68 de 120</p>

La lectura del archivo se ejecuta cuando lo comanda el nodo *timestamp* luego los datos leídos son transformados a un objeto JSON dentro de Node-RED y finalmente la función 18 agrega un atributo indicando que dicho objeto no es el último elemento del mensaje.

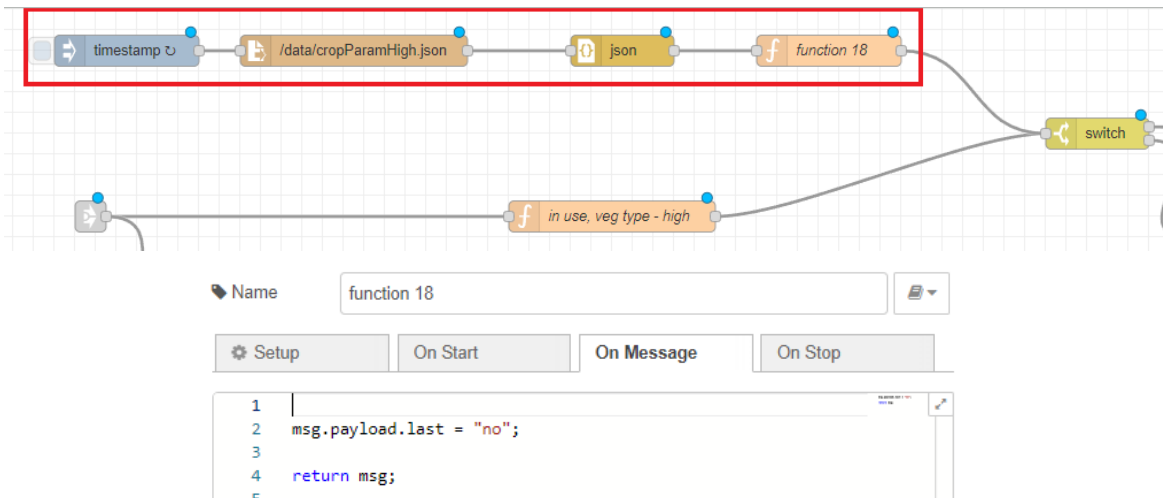


Ilustración 66. Nodo de función 18.

Lectura de las variables de tipo de vegetal y nivel en uso.

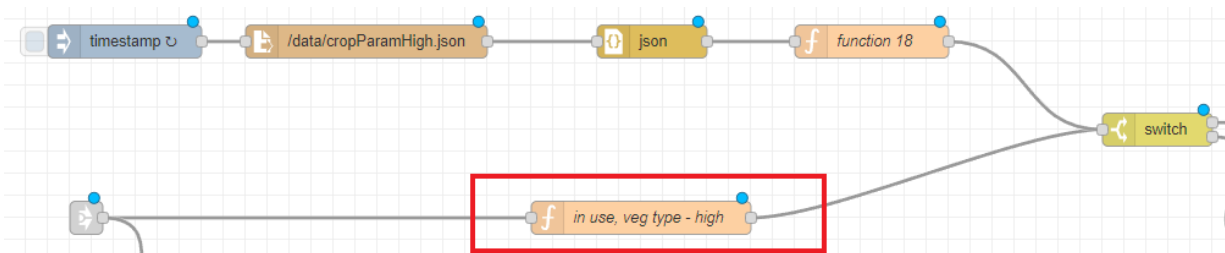


Ilustración 67. Nodo de variable de tipo de vegetal.

Cuando se enciende el PLC si el tipo de vegetal no está definido entonces lo define la variable *VegTypeLast* con un valor -1, que no modifica la lógica de funcionamiento del programa.

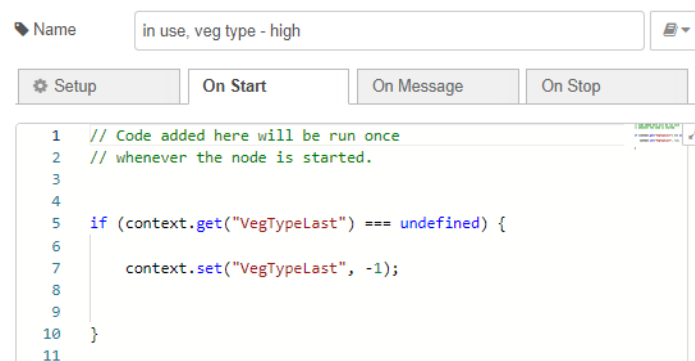



Ilustración 68. Modificación de variable *VegTypeLast*. (1)

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 69 de 120</p>

Luego cuando la lectura de variables desde el tiempo de ejecución muestra que el tipo de vegetal seleccionado *veg\_type* es distinto al valor anterior del mismo (*VegTypeLast*) entonces devuelve un mensaje con el nuevo valor del tipo de vegetal e indicando que el nivel está en uso (*in\_use == TRUE*).

Ilustración 69. Modificación de variable *VegTypeLast*. (2)

Además se indica que este mensaje enviado es el último (*msg.payload.last = "yes"*). Esto se hace con el objetivo de que los parámetros de cultivo sean enviados al PLC únicamente cuando cambia de valor la variable *veg\_type*, ya que de lo contrario los parámetros de cultivo se escribirían cada vez que *veg\_type* es leída, lo que sería una ineficiencia en el programa.

La siguiente estructura del flujo se encarga de enviar el mensaje únicamente cuando recibe el mensaje completo, es decir, cuando cambia el valor de *veg\_type*.

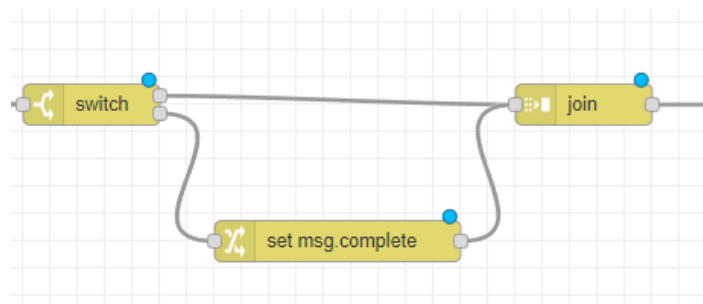

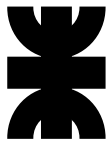


Ilustración 70. Nodo de comunicación variable *veg\_type*.

Finalmente, la escritura de las variables seleccionadas se realiza con el siguiente grupo de nodos

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p> 	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 70 de 120</p>

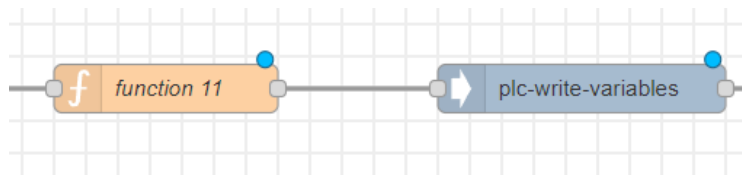


Ilustración 71. Función 11.

Donde la función 11 utiliza la variable *veg\_type* para escribir en el PLC los parámetros del vegetal seleccionado.

### Selección de rangos de pH

Una vez que los parámetros de la configuración de cultivo actual se encuentran escritas en el tiempo de ejecución del PLC, se utilizan los siguientes bloques de funciones para asegurar que todas las plantas en la configuración se encuentren dentro de su óptimo, o al menos, lo más cercano al mismo.

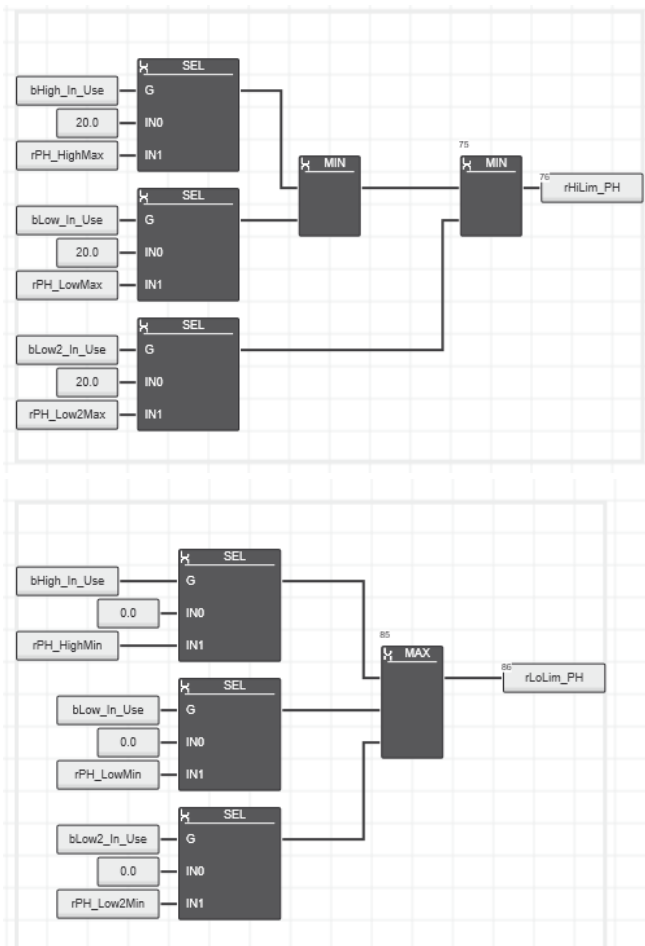


Ilustración 72. Extracto del programa Main – selección de rango de control para el pH. (1)



Esta parte del programa Main selecciona el rango óptimo para la configuración de cultivo seleccionada por el usuario. Toma como máximo y mínimo para el rango de control los siguientes valores

- Valor máximo de pH para el control ( $rHiLim\_PH$ ): El mínimo de los máximos.
- Valor máximo de pH para el control ( $rLoLim\_PH$ ): El máximo de los mínimos.

De esta forma se puede asegurar que todas las plantas están dentro del rango óptimo. Siempre y cuando se cumpla que  $rHiLim\_PH \neq rLoLim\_PH$ .

En el caso de que la anterior condición **no** se cumpla, se debe configurar un rango de control que esté dentro de parámetros aceptables para todas las plantas, aunque no se aseguren las condiciones óptimas. Es por esto por lo que se cuenta con la siguiente parte del programa.

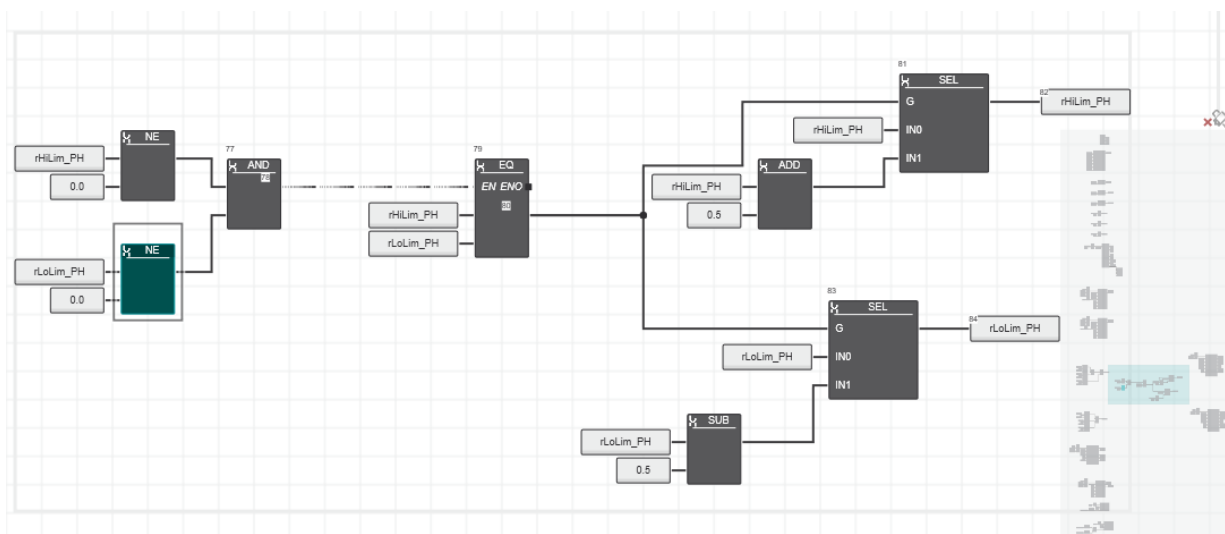



Ilustración 73. Extracto del programa Main – selección de rango de control para el pH. (2)

Esta parte del código crea un nuevo rango de pH en el caso de que los valores máximo y mínimo sean iguales.

Los bloques de selección (SEL) funcionan de la siguiente manera

- En el caso en que  $rHiLim\_PH \neq rLoLim\_PH \rightarrow G = False$  Entonces toma el valor dado en la IN0.
- En el caso en que  $rHiLim\_PH = rLoLim\_PH \rightarrow G = True$  Entonces la salida toma el valor de IN1.

Por lo tanto, cuando en el segundo caso el rango de control resulta  $rLoLim\_PH \pm 0.5$ .

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 72 de 120</p>

INDICADORES DE CULTIVO: Esta parte del programa en Node-RED se encarga de:

- Guardar el valor de la variable temperatura en un archivo CSV.
- Utilizar los valores guardados para calcular un promedio y determinar la temperatura media diaria.
- Calcular el valor de los grados-día de las plantas que están siendo cultivadas en el módulo.
- Eliminar el archivo CSV al final del día luego de calcular el promedio de temperatura.
- Escribir el valor de los grados día en el tiempo de ejecución del PLC.

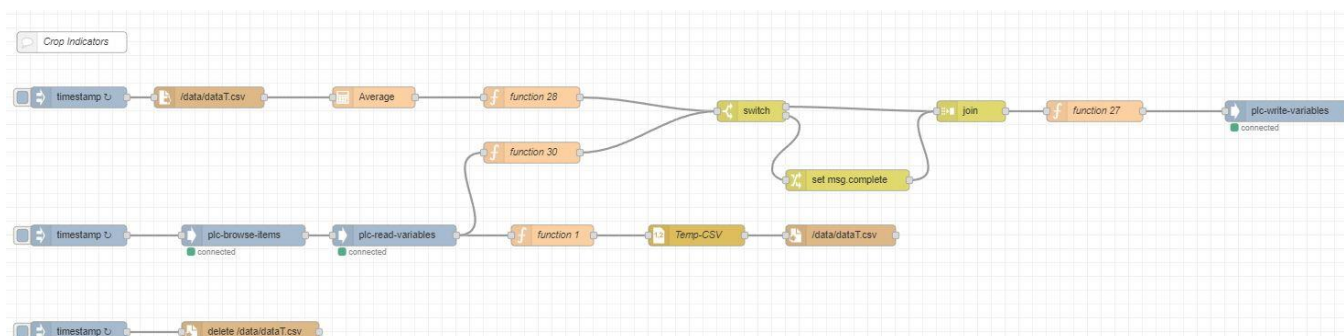


Ilustración 74. Indicadores de cultivo.

### Lectura y guardado de la temperatura

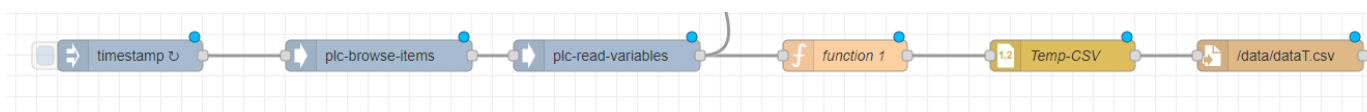



Ilustración 75. Lectura y guardado de la temperatura.

Cada un intervalo definido en el nodo *timestamp* los siguientes 2 nodos se encargan de la lectura de las variables seleccionadas en el PLC.

Posteriormente la función 1 toma el mensaje proveniente de *plc-read-variables* y lo transforma en un objeto que pueda ser leído por *Temp-CSV*, que a su vez se encarga de transformar el formato del mensaje a uno compatible con un archivo CSV. Finalmente, el último nodo agrega una nueva línea en el archivo *dataT.csv* con la temperatura actual en el interior del módulo.

### Cálculo del promedio de temperatura y grados-día

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p>
		<p>Página 73 de 120</p>

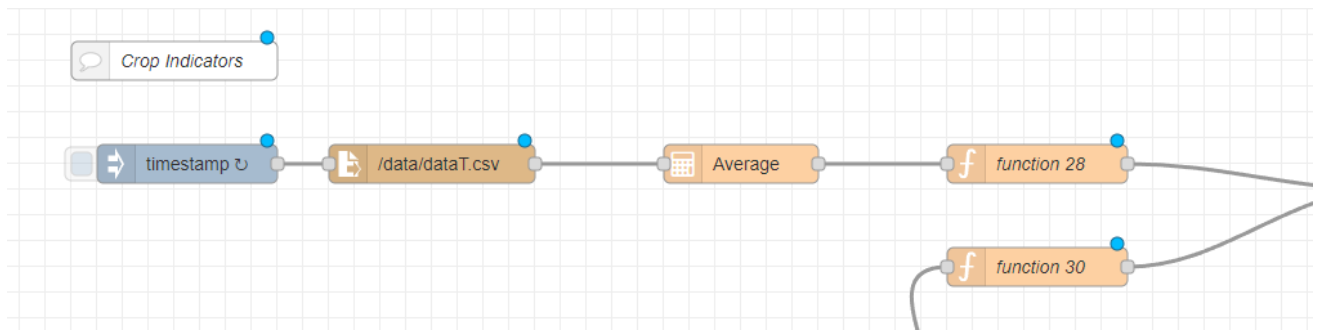


Ilustración 76. Nodo para cálculo de grados día.

A las 23:59 de cada día *timestamp* ejecuta la lectura del archivo que contiene las temperaturas guardadas de dicho día. Luego el nodo *average* determina el promedio de los valores dentro de *dataT.csv*.

*Function 28* toma el valor medio de la temperatura, lo convierte en un atributo del mensaje del bloque y además indica con un atributo que ese mensaje es el último.

Name: function 28

Setup | On Start | On Message | On

```

1  var mean_Temp = msg.payload;
2
3
4  msg.payload= {};
5
6  msg.payload.mean_Temp = mean_Temp;
7
8  msg.payload.last = "yes";
9
10 return msg;
11

```

Ilustración 77. Función 28.

Por otro lado, *function 30* toma los valores actuales de los grados día y la temperatura de vernalización (dada por los parámetros de cultivo), para devolverlos como mensaje, indicando que este mensaje no es el último.

```

Delete Cancel Done
Properties
Name function 30
Setup On Start On Message On Stop
1
2
3 var rDD_High = msg.payload.variables[1].value;
4 var rDD_Low = msg.payload.variables[2].value;
5 var rDD_Low2 = msg.payload.variables[3].value;
6
7
8 var rVernTempHigh = msg.payload.variables[4].value;
9 var rVernTempLow = msg.payload.variables[5].value;
10 var rVernTempLow2 = msg.payload.variables[6].value;
11
12
13
14 msg.payload = {}
15 msg.payload.rDD_High = rDD_High;
16 msg.payload.rDD_Low = rDD_Low;
17 msg.payload.rDD_Low2 = rDD_Low2;
18 msg.payload.rVernTempHigh = rVernTempHigh;
19 msg.payload.rVernTempLow = rVernTempLow;
20 msg.payload.rVernTempLow2 = rVernTempLow2;
21
22 msg.payload.last = "no";
23
24 return msg;
25

```

Ilustración 78. Función 30.

Luego, una vez que el valor promedio del día es calculado, se combinan las salidas de las funciones 30 y 28 en un mismo objeto mensaje, entrada de la función 27.

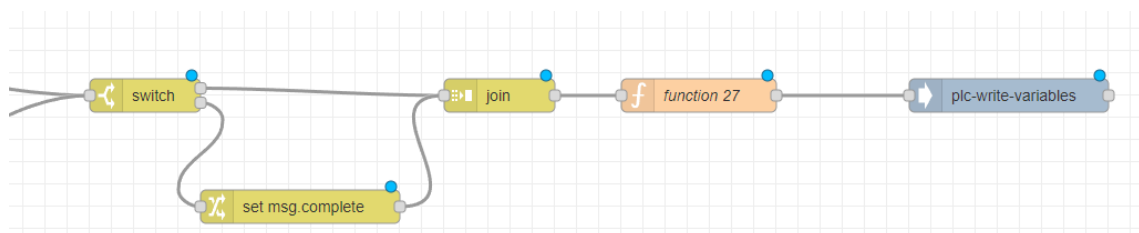


Ilustración 79. Nodo para función 27.

La función 27 se encarga del cálculo del nuevo valor de grados-día para cada uno de los niveles y finalmente estos son escritos en el tiempo de ejecución con el nodo *plc-write-variables*.

```

Name function 27
Setup On Start On Message On Stop
1
2
3 var rDD_High = msg.payload.rDD_High + msg.payload.mean_Temp - msg.payload.rVernTempHigh;
4
5
6 var rDD_Low = msg.payload.rDD_Low + msg.payload.mean_Temp - msg.payload.rVernTempLow;
7
8 var rDD_Low2 = msg.payload.rDD_Low2 + msg.payload.mean_Temp - msg.payload.rVernTempLow2;
9
10
11
12 msg.payload = {};
13 msg.payload.variables = [
14     |
15     |
16     |
17     |
18     |
19     |
20     |
21     |
21 return msg;
22
23

```

Ilustración 80. Función 27.


## ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado es uno de los aspectos claves de este proyecto, pues demostraría en una primera instancia como se posicionaría del producto desarrollado frente a los potenciales compradores, por qué lo elegirían por sobre otras opciones, entre otros aspectos. El objetivo final de esta actividad es el poder realizar una proyección confiable de las ventas esperadas, y con ello ejecutar un flujo de caja, donde se conozca el movimiento de dinero que tendría el proyecto durante un período de tiempo determinado.

## ANÁLISIS PREVIO DE LA SITUACIÓN

El mercado global de hidroponía en USD XX millones en 2022 y se proyecta que alcance USD XX millones para 2028, registrando un CAGR del 8,5% durante el período de pronóstico.

- El cultivo hidropónico no solo ayuda a proteger el medio ambiente, sino que también ayuda a obtener un mayor rendimiento de los cultivos en comparación con la producción en campo abierto. Además, la creciente conciencia de la salud entre los consumidores ha creado una mayor demanda, lo que resulta en la creciente adopción de técnicas de producción hidropónica.


 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 76 de 120</p>

- La hidroponía es una tecnología rentable y respetuosa con el medio ambiente en todo el mundo. Ha sido promovido por varios gobiernos y organizaciones no gubernamentales por sus beneficios en términos de seguridad alimentaria. La necesidad de suministro de alimentos contra el aumento explosivo de la población para 2050 ha catalizado el crecimiento del mercado hidropónico.
- El aumento de la presión sobre la tierra cultivable mundial, el aumento de la demanda de nutrición y un cambio en el patrón dietético de la población mundial hacia el consumo de frutas y verduras frescas son los factores que impulsan el aumento del área bajo hidroponía. En países con condiciones climáticas desfavorables para la agricultura en tierras abiertas, la hidroponía proporciona una opción sostenible para el cultivo de productos frescos para abastecer a los mercados.
- Para lograr la autosuficiencia en alimentos, la hidroponía proporciona una solución efectiva de seguridad alimentaria, ya que la tecnología utiliza el espacio de manera eficiente y puede ser aplicada incluso por personas urbanas y rurales sin tierra. Según el informe del USDA/ERS, el volumen de importaciones de tomate hidropónico de países, como Canadá, México y los Países Bajos, ha aumentado drásticamente, y ahora representan una parte significativa de todas las importaciones de tomate fresco del mercado de los Estados Unidos.
- Las verduras de hoja y las microverduras han sido tradicionalmente los cultivos hidropónicos más cultivados. Sin embargo, el área bajo hidroponía en cultivos que son exóticos a climas más cálidos, como tomates Cherry, lechuga, microgreens y una amplia variedad de otros cultivos de estación fría, ha ido en aumento.

Con las crecientes tasas de éxito asociadas con la industria hidropónica comercial y la creciente dificultad de cultivar cultivos en el suelo, el mercado hidropónico se está expandiendo exponencialmente.

#### Impulsores del mercado


- La demanda de frutas y verduras libres de pesticidas ha ido en aumento, y la agricultura a través de sistemas hidropónicos es altamente rentable para cultivos productos libres de pesticidas o productos químicos de protección de cultivos, ya que requiere menos agua, mano de obra y suelo. Por lo tanto, la creciente demanda de frutas y verduras libres de pesticidas fortalece el mercado para el sistema hidropónico.
- La automatización del movimiento de las plantas está ganando popularidad. Incluye tareas unitarias de trasplante, siembra, envasado, cosecha y limpieza, lo que, a su vez, impulsa el mercado hidropónico. Se espera que las crecientes preocupaciones sobre la seguridad y la disponibilidad de alimentos abran más oportunidades novedosas para que la industria prospere.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 77 de 120</p>

- Con la hidroponía, las condiciones ambientales son bastante favorables para los cultivos, minimizando así los requisitos de fertilizantes químicos. Con una mayor eficiencia y un ambiente esterilizado, el cultivo a través de hidroponía genera mayores rendimientos. Esto ha aumentado la tasa de adopción de esta metodología, que ha proliferado el crecimiento del mercado hidropónico en todo el mundo.
- Debido a la creciente conciencia de salud entre los consumidores, se inclinan más hacia el consumo de vegetales verdes, pero debido a las condiciones climáticas desfavorables y la escasez de agua, y el suelo de buena calidad, lograr un mayor cultivo de estos cultivos plantea un serio desafío para los agricultores. Por lo tanto, las principales ventajas de la hidroponía, en relación con la agricultura convencional a campo abierto, estimulan la demanda y el mercado de sistemas hidropónicos para lograr un mayor cultivo.
- Las crecientes preocupaciones con respecto a la degradación ambiental debido a los efectos de efecto invernadero aumentaron la importancia de la agricultura hidropónica, y con el advenimiento del desarrollo y el avance de las infraestructuras agrícolas, la agricultura hidropónica ha aumentado gradualmente, con el fin de expandir la producción de hortalizas y satisfacer la demanda, y por lo tanto, esto tiene una influencia positiva en el mercado hidropónico.

#### Restricciones del mercado

- El modelo actual para cultivos cultivados en hidroponía se centra en cultivos de alto valor, rápido crecimiento, huella pequeña y rotación rápida, como lechuga, albahaca y otros artículos de ensalada solamente. Las verduras de crecimiento más lento, así como los granos, no son muy rentables en un sistema comercial de cultivo hidropónico. Por lo tanto, la limitación de los tipos de cultivos es una de las principales restricciones que restringen el mercado.
- Los cultivos que requieren polinización por insectos que están en desventaja en este tipo de agricultura, ya que los insectos generalmente se excluyen del entorno de cultivo. Las plantas que requieren polinización pueden necesitar ser polinizadas a mano, lo que requiere tiempo, mano de obra y fondos del personal. Por lo tanto, esto limita el número de cultivos cultivados en este sistema.
- El equipo de automatización requiere inversiones de capital masivas para construirlo y, por lo tanto, requiere mano de obra altamente calificada para operarlo y mantenerlo a lo largo del tiempo, los cuales son escasos en la mayoría de las granjas locales. Los segmentos, como las técnicas de cultivo, la búsqueda de clientes ideales y la gestión del negocio son áreas donde los agricultores necesitan experiencia técnica y ayuda, y la falta de ellos puede restringir el mercado hidropónico mundial.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 78 de 120</p>

- Solo hay un número limitado de cultivos cultivados en hidroponía. Algunos de los cultivos más cultivados son tomates, lechuga y microverduras o hierbas. Entre estos, las fresas y algunos tipos de albahacas, incluida la albahaca enana, el dulce clásico y la albahaca genovesa son los cultivos más rentables. Por lo tanto, se prevé que las variedades limitadas de cultivos producidos en hidroponía junto con la experiencia técnica limitada entre los agricultores y trabajadores de todo el mundo restrinjan el mercado durante el período de pronóstico.

### Atractivo de la industria – Análisis de las cinco fuerzas de Porter

Amenaza de nuevos participantes: moderado; amenaza de sustituto: moderado; poder de negociación de los compradores: moderado; poder de negociación de los proveedores: alto; intensidad de la rivalidad competitiva: alto.

- El mercado hidropónico mundial se puede atribuir a un fácil acceso a la distribución, un alto nivel de diferenciación de productos y un menor requisito de tierra cultivable. Por lo tanto, la amenaza de nuevos participantes es moderada.
- Como una industria nueva y emergente, la agricultura hidropónica aún no ha establecido una base de clientes leales, en varios países. La propensión de los compradores a sustituir es muy alta, sin embargo, debido a la creciente conciencia con respecto a los productos libres de plaguicidas, la amenaza de los sustitutos es moderada.
- El riesgo de rivalidad competitiva sigue siendo alto. Hay varias empresas, que están muy enfocadas en la en la producción de componentes hidropónicos, y están tratando de obtener una ventaja sobre otras a través de la innovación.
- A medida que el número de compradores aumenta gradualmente, en comparación con la competencia, el poder de negociación del comprador disminuye. La concentración de compradores es moderada en el mercado hidropónico.
- Dado que existe una alta diferenciación de productos entre los proveedores, pocos proveedores ofrecen productos personalizados, como sistemas de control, sistemas de riego, luces LED y calefacción, ventilación, aire acondicionado HVAC.

### ÁREA DE MERCADO

#### Segmentación de la población

- Edad: La venta del producto del módulo de hidroponía se dirige a personas mayores de 25 años debido a varias razones fundamentales. En primer lugar, este grupo demográfico generalmente cuenta con ingresos estables y más sólidos, lo que les permite invertir en



tecnología avanzada y soluciones innovadoras como nuestro módulo hidropónico automatizado.

Además, las personas mayores de 25 años suelen estar más arraigadas en sus hogares y tienen la disposición de invertir en proyectos de jardinería y agricultura doméstica a largo plazo. Este grupo demográfico a menudo posee un mayor conocimiento y experiencia en la gestión de sus finanzas, lo que facilita la toma de decisiones relacionadas con la inversión en proyectos como el cultivo hidropónico.


En términos de sostenibilidad y responsabilidad financiera, dirigirse a personas mayores de 25 años también ayuda a garantizar que los clientes tengan la capacidad económica para mantener y operar el módulo de manera efectiva a lo largo del tiempo. En resumen, al apuntar a este grupo demográfico, estamos asegurando que nuestros clientes potenciales estén mejor preparados para aprovechar al máximo las ventajas de nuestro producto y mantener un cultivo hidropónico exitoso a largo plazo.

- Lugar de residencia:  
Tal como se evidenció en el planteo del problema, el fenómeno del éxodo rural se acentuará a medida que avancen los años, derivando en una mayor aglomeración de personas en zonas urbanas, y propiciando esto un crecimiento vertical de las grandes ciudades, en contraposición al crecimiento horizontal que se puede haber experimentado en el siglo pasado. La densidad poblacional será un indicador que tendrá un ritmo de aumento notablemente rápido.

Por lo tanto, a los lugares de residencia que dicho proyecto apunta es a Ciudades grandes de Argentina, llevando el producto a urbanizaciones con una densidad alta, la cual se establece entre 800 y más de 1 mil habitantes por hectárea, más o menos 50 m<sup>2</sup> por casa o apartamentos, en la que plantar sobre tierra no es posible.

- Ingresos: Apuntar a un público con ingresos medianos a altos para la venta del módulo de hidroponía se basa en varias consideraciones estratégicas sólidas. En primer lugar, este segmento demográfico suele tener una mayor capacidad financiera para invertir en tecnologías y productos de calidad, como nuestro módulo hidropónico automatizado.

Los individuos con ingresos medianos a altos suelen valorar la comodidad y la eficiencia en sus vidas cotidianas. Nuestro módulo ofrece una solución conveniente y de alta calidad para el cultivo de alimentos frescos en casa, lo que se alinea con las preferencias de un público que busca una vida más saludable y sostenible.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 80 de 120</p>

Además, este grupo demográfico tiende a estar más interesado en la agricultura urbana como un pasatiempo o un medio para mejorar su estilo de vida. Al dirigirnos a personas con ingresos medianos a altos, aseguramos que nuestros clientes potenciales puedan invertir en nuestro producto y mantenerlo de manera óptima para obtener resultados excepcionales.

Por último, desde una perspectiva de sostenibilidad, las personas con ingresos medianos a altos a menudo tienen un mayor interés en contribuir al medio ambiente y reducir su huella de carbono. Nuestro módulo de hidroponía les brinda la oportunidad de cultivar alimentos de manera más eficiente y sostenible, lo que resuena con sus valores y objetivos de vida.

## COMPETENCIA

La competencia de nuestro producto hoy en día es los kits de cultivos hidropónicos que se venden por internet con envío a domicilio. Estos consisten en un conjunto de tubos de pvc o de algún otro material, con agujeros para cultivar diferentes plantas, luces led, una bomba de agua y timers en los más completos.

Nuestro módulo hidropónico se distingue de la competencia por su enfoque revolucionario en la automatización total del funcionamiento. A diferencia de otros sistemas que dependen en gran medida de la intervención manual, nuestro módulo elimina esta carga, ofreciendo una experiencia de cultivo más eficiente y sin complicaciones.

Mientras que los sistemas manuales requieren una supervisión constante para controlar los niveles de nutrientes, agua y luz, nuestro módulo automatizado se encarga de estos aspectos de manera precisa y autónoma. Esto significa que los usuarios pueden disfrutar de un cultivo hidropónico exitoso sin la necesidad de conocimientos avanzados en agricultura.

La automatización total no solo ahorra tiempo y esfuerzo, sino que también optimiza el crecimiento de las plantas al mantener condiciones óptimas de forma constante. Esto se traduce en cosechas más abundantes y consistentes, lo que distingue aún más nuestro producto en el mercado.

Dicho esto, está claro que no actualmente nuestro producto no tiene una competencia directa, pero igual evaluaremos algunas desventajas y ventajas con respecto al mismo.



Sistema de cultivo hidropónico para jardín, macetero inteligente con luz Led, temporizador automático para el hogar y la cocina

ARS **13,398.88**

ARS39,412.59 66% Descuento

5% de descuento extra

ARS350.02 Descuento Dto. de vendedor

5% Dto. de vendedor

Color: Green



Ilustración 81. Sistema de cultivo hidropónico para jardín, macetero inteligente con luz Led, temporizador automático para el hogar y la cocina.



Nuevo | 3 vendidos

Kit Hidroponico N8 Huerta  
96 Macetas Bomba Soporte  
Agrícola

\$ 140.705<sup>99</sup>  
en 12x \$ 26.452<sup>73</sup>

[Ver los medios de pago](#)

Llega gratis entre el lunes y el jueves 5 de octubre

[Más formas de entrega](#)

Stock disponible

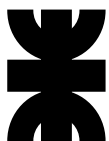
Cantidad: 1 unidad (800 disponibles)

Comprar ahora

Agregar al carrito

Ilustración 82. Kit hidropónico.

UTN  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 82 de 120



Nuevo | +25 vendidos

**Torre Hidropónica Vertical- 20 Plantas - Kit Completo**

**\$ 61.303**  
 en 12x de \$ 12.085<sup>59</sup> pagando con Mercado Crédito  
[Ver los medios de pago](#)

**Llega gratis** entre el 5 y 10 oct.  
[Más formas de entrega](#)

Stock disponible

Cantidad: **1 unidad** (6 disponibles)

[Comprar ahora](#)

[Agregar al carrito](#)

Ilustración 83. Torre Hidropónica Vertical- 20 Plantas - Kit Completo.

### Cuadro comparativo

A modo de conclusión de esta sección, se establece un cuadro comparativo enumerando las ventajas y desventajas que presentan las opciones de la competencia.

Nombre	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Torre Hidropónica Vertical- 20 Plantas - Kit Completo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin luz</li> <li>• Timer</li> <li>• 20 plantas</li> <li>• 150cm x 30cm x 30cm</li> </ul>	Tamaño reducido Semi-automatización Estético Construcción fácil Mantenimiento simple	Baja relación productividad/tamaño Poca variedad de plantas Germinación aparte Requiere conocimiento de botánica
<b>Kit hidropónico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 plantas</li> <li>• 150cm x 120cm x 30cm</li> <li>• Sin luz</li> <li>• Sin timer</li> <li>• Bomba de inyección</li> <li>• Medidor de PH por papel</li> </ul>	Gran productividad/tamaño Construcción fácil Mantenimiento simple	No estético Nula automatización Requiere conocimiento de botánica

<b>Sistema de cultivo hidropónico para jardín, hogar y cocina.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Macetero</li> <li>• Luz LED</li> <li>• Temporizador automático</li> <li>• Parlante</li> <li>• Despertador</li> </ul>	Tamaño reducido Estético Funciones adicionales Luz artificial Viene armado Mantenimiento simple	Función de hidroponía estrictamente ornamental Nula productividad/tamaño
--	---	--	---

## OFERTA

La obtención de información sobre la competencia de vendedores en un mercado informal puede ser un desafío significativo. Esto se debe a varias razones:

**Falta de Transparencia:** En un mercado informal, los vendedores tienden a operar de manera menos estructurada y transparente. Pueden no estar obligados a proporcionar información detallada sobre sus productos, precios o estrategias comerciales.

**Escasa Documentación:** Los negocios informales a menudo carecen de registros formales, informes financieros y documentos que normalmente estarían disponibles en empresas más grandes y establecidas. Esto dificulta la recopilación de datos concretos sobre su funcionamiento.

**Relaciones Personales:** En un mercado informal, las relaciones personales y las redes son fundamentales. Los vendedores pueden ser reacios a compartir información con competidores o extraños, lo que dificulta el acceso a datos clave.

**Cambios Rápidos:** Los negocios informales pueden adaptarse y cambiar rápidamente en respuesta a las demandas del mercado. Esto dificulta el seguimiento constante de su actividad y estrategias.

**Falta de Regulación:** En algunos casos, el mercado informal puede operar en un ambiente menos regulado, lo que significa que no están obligados a divulgar información sobre su negocio de la misma manera que las empresas formales.

Dada esta falta de información fácilmente accesible, es esencial emplear estrategias alternativas para comprender mejor a la competencia en un mercado informal. Esto podría incluir el establecimiento de relaciones directas con competidores, la observación cuidadosa de

sus actividades en el terreno y la obtención de información de fuentes secundarias siempre que sea posible. Además, la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en el mercado y de mantener una ventaja competitiva puede ser crucial en un entorno donde la información es limitada.

## DEMANDA

### Visión general del mercado

Se proyecta que el mercado de hidroponía registre una CAGR del 8,5% durante el período de pronóstico, 2021-2026.

Teniendo en cuenta la fuerza y el aislamiento de COVID 19, fortalecer los sistemas de producción y distribución de alimentos se ha convertido en una preocupación clave para el futuro, lo que ha impulsado la necesidad de granjas hidropónicas. Según los estudios de la FAO, se prevé que el desarrollo de sistemas de cultivo alternativos, como la hidroponía, desempeñe un papel importante en la seguridad alimentaria mundial al proporcionar alimentos seguros y nutritivos. Además, esto también puede ayudar a abordar las incertidumbres logísticas del mercado. Por lo tanto, se prevé que la necesidad de cultivos hidropónicos crezca durante el período de pronóstico.

En 2020, América del Norte fue el segmento geográfico más grande del mercado estudiado y representó una participación de alrededor del 35,78% del mercado hidropónico. La hidroponía es una tecnología respetuosa con el medio ambiente y rentable. Ha sido promovido por diversos gobiernos y organizaciones no gubernamentales por sus beneficios en términos de seguridad alimentaria. La necesidad de suministro de alimentos frente al aumento explosivo de la población para 2050 ha catalizado el crecimiento del mercado hidropónico. Además, con las crecientes tasas de éxito asociadas con la industria de la hidroponía comercial y la creciente dificultad de cultivar en el suelo, el mercado de la hidroponía se está expandiendo exponencialmente.

### Tendencias clave del mercado

La demanda de frutas y verduras exóticas ha ido creciendo constantemente a un ritmo mayor debido al aumento del poder adquisitivo de los consumidores. El costo de estos productos exóticos es alto, ya que la mayoría de estos productos son importados y, por lo tanto, varias instituciones de investigación y universidades se están enfocando en establecer sistemas hidropónicos más simplificados para acelerar la producción de frutas y verduras exóticas y satisfacer la creciente demanda. El aumento de la conciencia entre los consumidores sobre el

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



## PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 85 de 120

consumo de verduras frescas también puede impulsar el mercado en el futuro. Se anticipa que la demanda de vegetales exóticos como pimiento rojo y amarillo y lechuga roja en cadenas de alimentos y minoristas, como Burger King y KFC, impulsará las ventas durante el período de pronóstico.

Hydroponics Market - Revenue Share (%), Crop Type, 2020

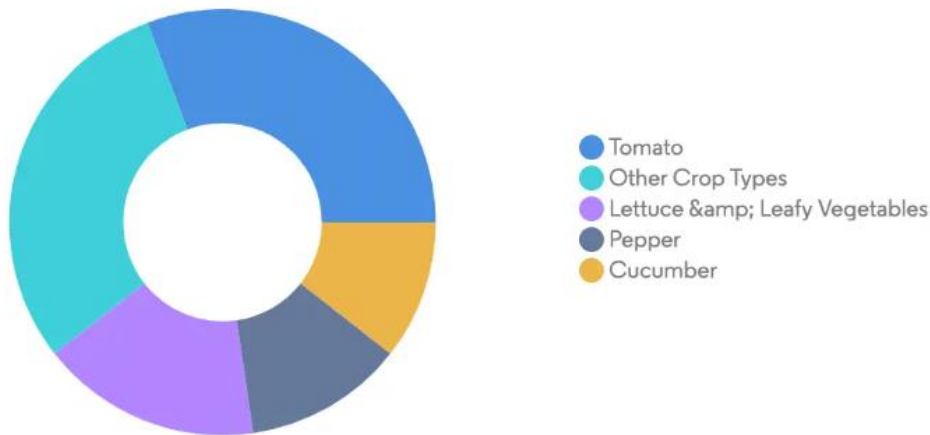


Ilustración 84. Distribución de cultivos en mercado hidropónico para 2020. Consultora Mordor Intelligence.

### Proyección de ventas

Para ejecutar una proyección de ventas razonable, y ante la falta de datos sobre ventas de la competencia, se partió del siguiente análisis: considerando el precio y la cantidad de stock figurada en el sitio online de ventas, puede calcularse el valor total de ventas (en dinero) a través del uso del Índice de Renovación de Stock (IRS) y un margen de ganancia del mercado de un 0,37, que se involucra en la siguiente ecuación:

$$Total\ ventas\ (\$) = (Cant.\ stock * precio) * IRS * 0,37 * (2 - 0,37)$$

Esto resultó en el siguiente valor de ventas estimado para el mercado hidropónico en Argentina:

Producto	Precio	Ventas (precio)	Ventas (unidades)	Stock
1	34860	\$ 693.794,18	19,9023	11
2	98114	\$ 707.892,51	7,215	5
3	48331	\$ 5.788.555,54	119,769	83
4	117005	\$ 13.507.057,20	115,44	80

6	90000	\$ 169.350.480,00	1881,672	1304
7	23529	\$ 543.237,55	23,088	16
8	67161	\$ 8.916.025,72	132,756	92
9	136307	\$ 21.439.319,11	157,287	109
<b>Total</b>		\$ 220.946.361,80		

A partir de estos valores, y teniendo en cuenta la CAGR mencionada previamente, se realizó una proyección sobre el porcentaje de mercado nacional que se ocuparía, y la cantidad en ventas que eso representaría, derivando en lo siguiente:

Año y trimestre	Trimestre	Factor de consumo	%Mercado	Ventas [\$]	Unidades
2023 1T	1	1,95	0,5%	\$ 2.154.227,03	2
2023 2T	2	3,9	1,0%	\$ 8.742.714,97	10
2023 3T	3	5,85	1,5%	\$ 19.494.031,22	23
2023 4T	4	7,8	2,0%	\$ 34.136.743,17	39
2024 1T	5	9,75	2,4%	\$ 52.399.418,22	61
2024 2T	6	11,7	2,9%	\$ 74.010.623,76	86
2024 3T	7	13,65	3,3%	\$ 98.698.927,19	114
2024 4T	8	15,6	3,7%	\$ 126.192.895,89	146
2025 1T	9	17,55	4,0%	\$ 156.221.097,28	181
2025 2T	10	19,5	4,4%	\$ 188.512.098,73	218
2025 3T	11	21,45	4,7%	\$ 222.794.467,65	258
2025 4T	12	23,4	5,0%	\$ 258.796.771,42	299
2026 1T	13	25,35	5,3%	\$ 296.247.577,45	343
2026 2T	14	27,3	5,6%	\$ 334.875.453,13	387
2026 3T	15	29,25	5,8%	\$ 374.408.965,85	433





2026 4T	16	31,2	6,0%	\$ 414.576.683,01	480
2027 1T	17	33,15	6,2%	\$ 455.107.171,99	527
2027 2T	18	35,1	6,4%	\$ 495.729.000,21	574
2027 3T	19	37,05	6,5%	\$ 536.170.735,04	620
2027 4T	20	39	6,7%	\$ 576.160.943,89	667
2028 1T	21	40,95	6,8%	\$ 615.428.194,15	712
2028 2T	22	42,9	6,9%	\$ 653.701.053,21	756
2028 3T	23	44,85	7,0%	\$ 690.708.088,47	799
2028 4T	24	46,8	7,0%	\$ 726.177.867,33	840
<b>TOTAL</b>					<b>8575</b>

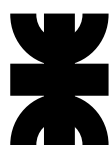
Siendo entonces estas las ventas proyectadas en el período 2023-2028.

#### DEFINICIÓN DE PRECIO

- **Basado en los costes:** el precio son los costes más la ganancia esperada.
- **Basado en el comprador:** la percepción del comprador define el precio.
- **Basado en la competencia:** se fijan los precios en base a la competencia, pudiendo elegirse precios menores, iguales o mayores.

La estrategia principal que había se había tomado inicialmente era aquella tal de definir el precio del producto en base a la competencia, de forma tal de introducirse en un mercado establecido y aumentar la competitividad del nuevo producto, adaptando así los costos de producción para lograr que sea rentable económicamente.

Sin embargo, al ejecutar el análisis de la competencia resultó evidente que los puntos de comparación entre el producto desarrollado y los demás existentes son reducidos, por lo que establecer un precio similar hubiese sido restrictivo a



la hora de hablar de costos de fabricación, derivando esto en la quita de algunas características claves del producto como la automatización.

Es por esto que el curso de acción se modificó de forma tal de pasar a una estrategia más convencional, donde dentro del precio calculado para el módulo, se contempla los costos de producción en su totalidad, y donde se adiciona también un margen de ganancia para la empresa.

$$Pv = jPv + Cu$$

Pv= es el precio de venta

J= Margen sobre el precio

Cu= Costo unitario

La ecuación se puede transformar a la siguiente forma:

$$Pv = \frac{Cu}{1 - J}$$

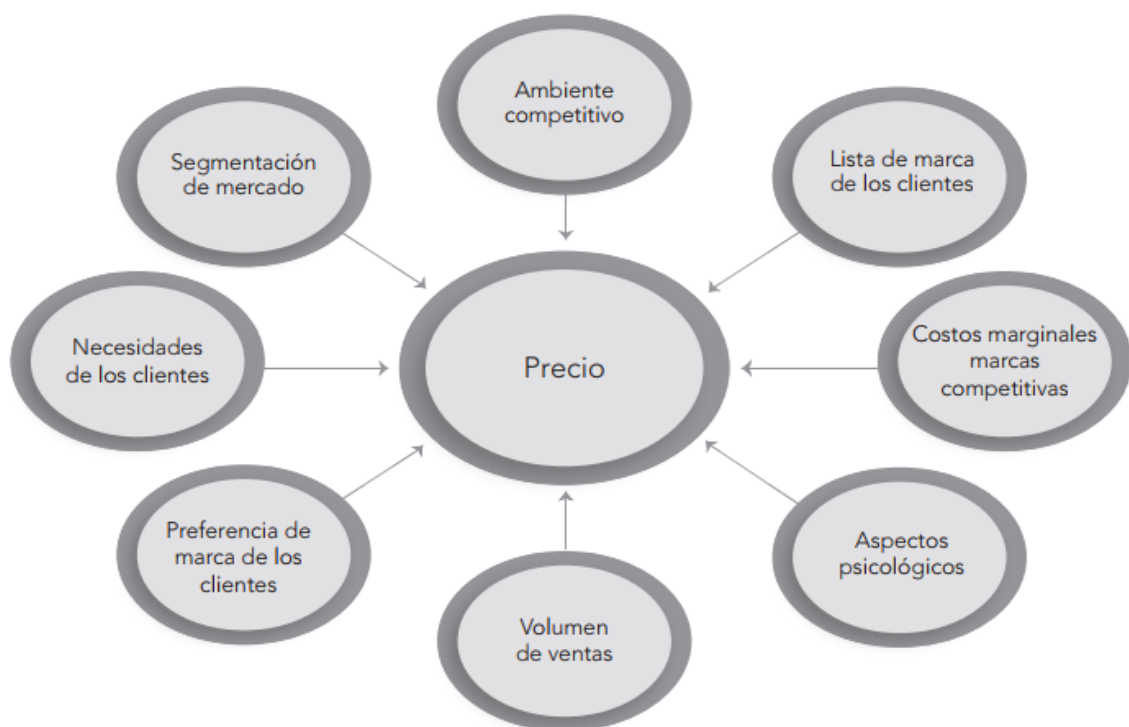
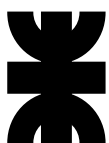


Ilustración 85 – Factores que determinan el precio. Capítulo 4 – Preparación y evaluación de proyectos 6ta edición



El precio se basó en función de los costos y se aplicó un margen de ganancia del 50% sobre el costo unitario del producto, tal que:

COSTOS TOTALES POR MÓDULO	\$	664.837,28
PRECIO POR MÓDULO (s=1,5)	\$	997.255,91

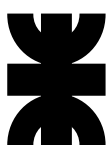
Ilustración 86 – Precio del módulo por unidad

## COMERCIALIZACIÓN

La estrategia de comercialización es un aspecto clave a la hora de hablar de un proyecto de estas características, pues circunscribe varias aristas que son relevantes en la interacción entre la empresa y el cliente: por un lado, el método y calidad del contacto, para informarle sobre la existencia del producto; por el otro, los medios utilizados para acercar el producto hacia el potencial cliente, o hacia el cliente confirmado; y como análisis adicional, la implementación de estrategias para retener al cliente, de manera tal de generar un lazo de carácter un poco más permanente con la empresa, rasgo que en la industria de los electrodomésticos suele ser difícil de adquirir.

En primera instancia, se necesitar dar a conocer el producto al público, de forma tal que paulatinamente la idea de la compra vaya calando sobre el perfil de cliente objetivo. Contemplando que este estaría caracterizado por adultos jóvenes mayores de 25 años en adelante, la primera instancia sería valerse de la difusión a través de redes sociales, intentando alcanzar a un número base de personas, a modo tal que la publicidad del estilo personal (*conocida coloquialmente como "boca a boca"*) entre los potenciales clientes haga su propia difusión. A modo complementario, la muestra del prototipo como proyecto de investigación en distintas convenciones y exposiciones sobre tecnologías sustentables e innovadoras puede servir como envío durante los primeros momentos para dar a conocer todas las funcionalidades y ventajas del producto frente a nuevos potenciales clientes.

Con respecto al sistema de logística a utilizar, se comenzará con una distribución a través de vehículos utilitarios de porte pequeño, capaces de transportar un número reducido de unidades. Aún cuando este método es muy ineficiente pues involucraría muchos recorridos y gastos en logística, permite un buen avance sobre la primera base de clientes que sería significativamente reducida. Una vez se progrese sobre el número de unidades a entregar, se mejorarán los sistemas logísticos agregando recorridos eficientes, y ampliando la flota de vehículos con una



mayor capacidad de transporte y autonomía, a modo tal de alcanzar así a localidades cercanas a los puntos centrales de distribución.

Como punto último de esta sección pero no menos importante, se procederá a explicar la estrategia desarrollada para lograr retener de manera satisfactoria el interés del cliente, logrando dos beneficios: reforzar la imagen positiva que este tenga del producto y/o de la empresa, incentivando a recomendarla a demás personas; y también lograr que ese cliente signifique en términos económicos una entrada de dinero constante a través de los meses para la empresa, complementando el modelo de negocio de las ventas de módulos. El sistema funcionaría de la siguiente manera: un método de suscripción mensual permitiría al cliente renovar la garantía del producto, y contar con servicio técnico cubierto en caso de ser necesario; paralelamente, el cliente contaría con la reposición de los insumos necesarios para el correcto funcionamiento del módulo por parte de la empresa, siendo algunos de estos las botellas reguladoras de pH, las semillas de las plantas a cultivar, el sustrato necesario para su germinación, entre otros.

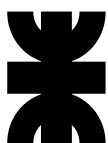
De esta forma, se establece una relación recíproca entre el cliente y la empresa posterior a la adquisición del producto, donde ambas partes se benefician en gran medida.

## ANÁLISIS FODA

Contemplando la información compilada previamente sobre las distintas aristas que componen este proyecto, el mismo está en situación de poder ser sometido a un análisis FODA, basado en ubicar al mismo dentro de un contexto real y analizar desde lo interno sus fortalezas y debilidades, y desde lo externo las oportunidades y amenazas. En consecuencia, los puntos más significativos que han podido rescatarse de este análisis se presentan a continuación:

### Fortalezas

- Escala familiar: el producto está pensado para un uso doméstico de interiores, sin embargo, su productividad es tal que el usuario puede utilizarlo para alimentar una familia tipo con una amplia variedad durante un período prolongado, con tal sólo un ciclo de cultivo.
- Automatización: la diferencia con el resto de mercado hidropónico nacional es el salto de calidad que ofrece la automatización, liberando al usuario de la responsabilidad sobre el desarrollo del cultivo.
- Plan de fidelidad: en contraste con el mercado hidropónico nacional actual, este plan permite retener al cliente mediante el pago de una suscripción mensual, de forma tal que se le pueda proveer de insumos necesarios para el funcionamiento del módulo más el



mantenimiento del mismo, y logrando desde el punto de vista empresarial un flujo permanente de dinero hacia las arcas de la empresa.

### Debilidades

- Producto de lujo: el precio inicial y la estrategia de comercialización puede restringir el cliente objetivo desde lo monetario.
- Falta de capital inicial: internamente, la empresa cuenta con poco activo monetario para comenzar las operaciones de construcción y venta de los módulos.
- Homogeneidad del equipo: actualmente, el núcleo de directores de la empresa está compuesto por integrantes de la misma especialidad de ingeniería. Una mejora que se contempla en el corto es el incluir a especialistas de otras áreas de interés para el proyecto, como la botánica.

### Oportunidades

- Tendencias saludables: El incremento en la demanda de frutas y verduras libres de pesticidas fortalece la posición de los productos hidropónicos en la industria.
- Amplio desarrollo: hoy existe un auge en materia investigativa sobre los beneficios y posibles mejoras de las técnicas hidropónicas, lo cual permite que este tipo de proyectos avance aún más rápidamente.
- Fácil entrada: al ser considerado un mercado relativamente joven, las restricciones del mercado hidropónico son moderadas a bajas, permitiendo la entrada de nuevos competidores con facilidad.
- Éxodo rural: debido a este fenómeno, se predice que la masa de potenciales clientes y/o usuarios se amplíe en gran medida durante el transcurso de las próximas décadas.

### Amenazas

- Concentración de clientes: debido a la fácil entrada, la cantidad de competidores deriva una masa de clientes que se reparte cuasi equitativamente, pero que no son necesariamente retenidos por cada participante del mercado. El plan de fidelidad puede presentarse como una solución a esto.
- Proveedores disponibles: dependiendo de la zona del territorio nacional donde se desarrolla la empresa, la disponibilidad de proveedores de insumos hidropónicos puede o no ser una preocupación a futuro.
- Nuevos participantes: de nuevo, al considerarse un mercado emergente y de fácil acceso, el riesgo de la aparición de productos competidores es moderado.



## FLUJO DE CAJA

La información básica para realizar la proyección del flujo de caja la proporcionan los estudios

- Técnico
- De mercado
- Organizacional
- Financiero

Este estudio de evaluación apunta a determinar la rentabilidad del proyecto, utilizando como fuente de financiamiento un crédito bancario donde el objeto de la inversión es la creación de un nuevo proyecto, no la evaluación de uno ya en marcha.

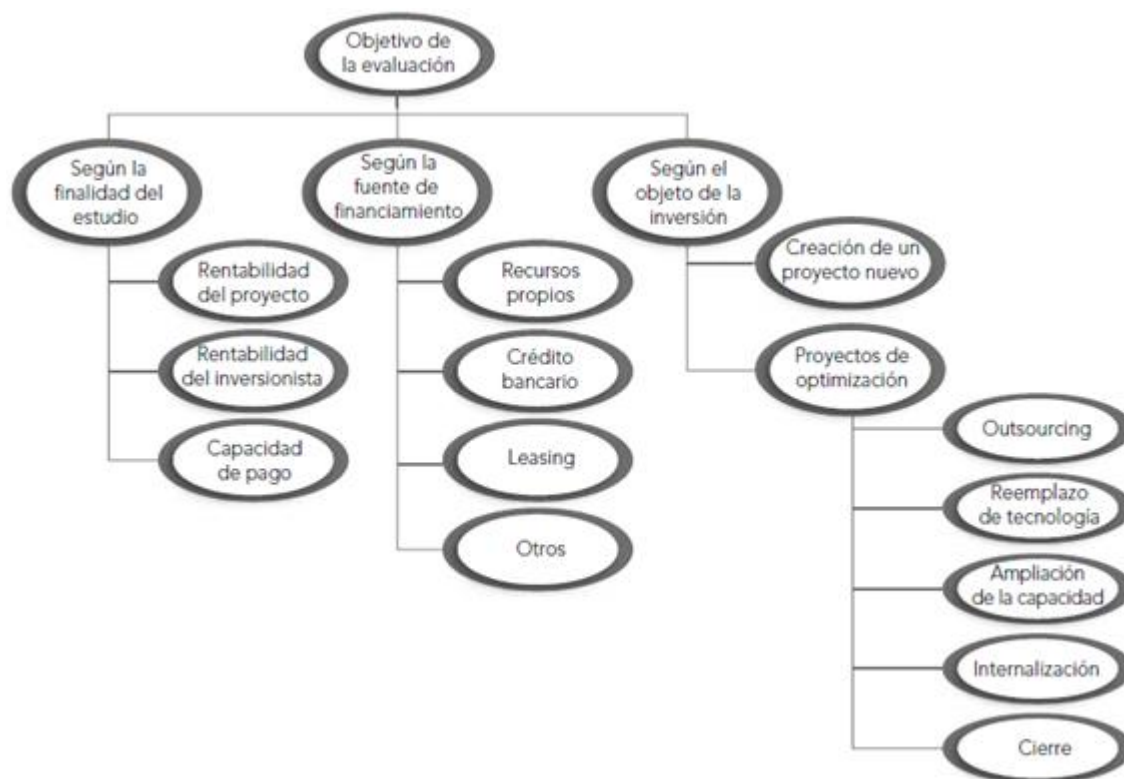
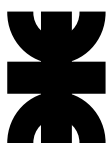


Ilustración 87 – Evaluación de proyectos



## ELEMENTOS DEL FLUJO DE CAJA

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos: a) ingresos y egresos de operación, b) egresos iniciales de fondos, c) momento en el que ocurren estos ingresos y egresos, y d) valor de desecho o salvamento del proyecto.

Egresos iniciales: Corresponden al total de la inversión inicial para la puesta en marcha del proyecto.

Ingresos y egresos de operación: Son los flujos de entradas y salidas reales de caja.

Momento en el que ocurren los ingresos y egresos: se debe plantear los tiempos en los que cada

Valor de desecho o salvamento del proyecto: valor del capital al final del horizonte de evaluación.

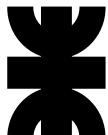
## COSTOS

Los costos que componen el flujo de caja se derivan de los estudios de mercado, técnico y organizacional analizados. Cada uno de ellos define los recursos básicos necesarios para la operación óptima en cada área y cuantificó los costos de su utilización

- **Costos de fabricación**

- *Directos*: compuestos por los materiales directos y la mano de obra directa, que debe incluir remuneraciones, previsión social, indemnizaciones, gratificaciones y otros desembolsos relacionados con un salario o sueldo;
- *Indirectos*: la mano de obra indirecta (jefes de producción, choferes, personal de reparación y mantenimiento, personal de limpieza, guardias de seguridad), los materiales indirectos (repuestos, combustibles y lubricantes, útiles de aseo), como energía (electricidad, gas, vapor), comunicaciones (teléfono, radio, fax, intercomunicadores), seguros, arriendos, depreciaciones, etcétera.

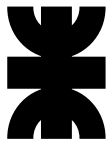
- **Gastos de operación**

<b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL 	<b>PROYECTO FINAL</b>	<i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i>
<b>Módulo de Hidroponía</b>		Ing. ELECTROMECAÁNICA Página <b>94</b> de <b>120</b>

- *Gastos de venta*: gastos laborales —sueldos, seguro social, gratificaciones y otros—, comisiones de ventas y cobranzas, publicidad, empaques, transporte y almacenamiento.
- *Gastos generales y administración*: consideran los gastos laborales, de representación, de seguros, de alquileres, de materiales y útiles de oficina, de depreciación de edificios administrativos y equipos de oficina, de impuestos y otros.
- **Costos financieros**: cuando se trata de proyectos financiados por terceros, están constituidos por los gastos de intereses de los préstamos obtenidos.
- **Costos no desembolsables**
  - **Depreciación de activos fijos**: no implican un gasto en efectivo, sino uno contable para compensar la pérdida de valor de los activos por su uso, mediante una reducción en el pago de impuestos. A mayor depreciación, menor será el ingreso gravable. Método de *depreciación lineal* o línea recta, sin valor residual ; es decir, supone que se deprecia todo el activo en proporción similar cada año.
  - **Amortización de activos intangibles**: tratamiento contable que una empresa otorga a sus activos intangibles a lo largo de su vida útil. Algunos ejemplos de activos intangibles incluyen patentes, marcas comerciales, derechos de autor y software pudiendo aplicar para la aplicación y automatización del proyecto. Es recomendable consultar a un profesional de contabilidad para obtener asesoramiento específico basado en las normativas locales y las circunstancias particulares de la empresa.

## ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

Será necesario modelar los costos implicados en la fabricación de los módulos hidropónicos, el servicio prestado y las expensas asociadas. Se pudieron detectar los siguientes costos para los primeros dos años en donde la sociedad se ubica en un inmueble de tamaño pequeño.

<b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL 	<b>PROYECTO FINAL</b>	<i>N. Rodríguez Álvarez</i> <i>E. Martínez</i> <i>S. Abarca</i> <i>L. Dimari</i>
<b>Módulo de Hidroponía</b>		Ing. ELECTROMECAÁNICA
		Página <b>95</b> de <b>120</b>



Sueldo operario	180.000
Desembolso por salario	20%
Sueldo ingeniería o encargado	400.000
Desembolso por salario	17%
Agua (fijo)	MODELAR
Gas	MODELAR
Luz (fijo + producción)	MODELAR
Combustible (cant de servicios)	MODELAR
Herramientas (set manuales)	80.000
Máquinas (Talado de banco +Sensitiva+Pistola de calor)	160.000
Compresor	150.000
Equipo de osmosis inversa	540.000
Vehículo para servicios	8.000.000
Alquiler de edificio	200.000
Internet	8.000
Computadoras	150.000
Equipo oficina (escritorio, silla)	100.000
Sueldo gerente	800.000
Desembolso por salario	17%
Seguro de vehículo	8.000
Sueldo vendedor/comprador/administrativo	250.000
Desembolso por salario	20%
Comunity manager	80.000
Página web	5.000
Publicidad	8.000
Consumibles ferretería (por módulo)	1.200


*Ilustración 88 – Costos unitarios por módulo*

Lo complejo aquí será modelar los gastos de luz, agua y combustible necesarios. El agua se ve afectado directamente a la cantidad de agua tratada que se comercialice; el gas puede obviarse tratándose como una boleta de valor fijo debida al consumo diario; el combustible dependerá directamente de la cantidad y la distancia a recorrer con el servicio de mantenimiento; y, por último, la luz se encarecerá por el uso de la maquinaria necesaria para fabricar el módulo, por lo que a medida que más se produzca, mayor será el consumo y mayor el costo de la energía eléctrica.

### *COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA*

Recurriendo al cuadro tarifario de la localidad donde se va a emplazar:

Para estimar el consumo eléctrico de energía se proyecta un consumo promedio para la parte productiva y otro para las oficinas:

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 96 de 120</p>

- 1,2 kW por módulo cuando esté en etapa de producción (entre toda la maquinaria utilizada), con una simultaneidad de 0,3
- 0,2 kW hasta año 3 y 0,4 kW en adelante en oficinas.

El consumo durante los 2 primeros años será:

$$Eel = (0,2kW + 1,2kW * 0,3 * n) * 44hrs * 4sem$$

$$Eel = 35,2 kWhr + n * 63,36 kWhr$$

Luego del 3er año, con el cambio de domicilio y el ajuste del proyecto en funcionamiento se proyectará reducir la energía consumida por módulo en un 20%, por lo que:

$$Eel = (0,4kW + 0,8 * 1,2kW * 0,3 * n) * 44hrs * 4sem$$

$$Eel = 70,4 kWhr + n * 50,7 kWhr$$

Potencia máxima consumida:

- Hasta año 3:  $P = 0,2 kW + 1,2 kW * 0,3 * 26 = 9,5 kW$
- Luego del año 3:  $P = 0,4 kW + 0,8 * 1,2 kW * 0,3 * 110 = 32,1 kW$

Esto nos servirá también para determinar el consumo por bimestre aproximado en el máximo de producción.

- Hasta el año 2:  $E_{bim} = 2 * Eel(26) = 3365,12 kWhr/bim$
- A partir de año 3:  $E_{bim} = 2 * Eel(110) = 11295 kWhr/bim$



#### ANEXO II - RESOLUCIÓN EPRE N° 093/2023

CUADRO TARIFARIO sin Subsidio Estado Nacional  
Vigencia: 1 de agosto al 31 de octubre de 2023

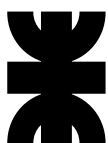
Tarifa 1 (T1) - PEQUEÑAS DEMANDAS (Potencias hasta 10 kW)

Residencial 3 (Mayor o igual a 600 kWh/Bim)

		Nivel 1 (Decreto 332/2022)	Nivel 2 (Decreto 332/2022)	Nivel 3 (Decreto 332/2022)	Electrodependientes por cuestiones de salud
Cargo Fijo	\$/Bim	2661,726	2661,726	2661,726	2661,726
C. Var. hasta 800 kWh bim	\$/kWh	34,4559	34,4559	34,4559	34,4559
C. Var. > 800 kWh bim	\$/kWh	34,4559	34,4559	34,4559	34,4559

Ilustración 899 – Grupo tarifario y montos hasta año 3

UTN  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 97 de 120

## Tarifa 2 (T2) - GRANDES DEMANDAS (Potencias mayores a 10 kW)

CONECTADO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN y BORNES DEL TRANSFORMADOR

		T2 R BT			T2 B MT/BT		
		Pot. entre 10 kW y 300 kW	Pot. >= 300 kW Organismos Públicos Salud y Educación	Pot. >= 300 kW	Pot. entre 10 kW y 300 kW	Pot. >= 300 kW Organismos Públicos Salud y Educación	Pot. >= 300 kW
CARGO COMERCIALIZACIÓN	\$/mes	3130,642	3130,642	3130,642	4628,471	4628,471	4628,471
USO DE RED	\$/kW-mes	4641,301	4641,301	4641,301	3904,113	3904,113	3904,113
CONSUMO DE POTENCIA	\$/kW-mes	217,349	217,349	217,349	212,759	212,759	212,759
CONSUMO DE ENERGÍA							
-PICO (P) - 18 a 23hs.	\$/kWh	26,7247	26,7247	26,7247	25,2788	25,2788	25,2788
-RESTO (R) - 05 a 18hs.	\$/kWh	26,7167	26,7167	26,7167	25,2712	25,2712	25,2712
-VALLE (V) - 23 a 05hs.	\$/kWh	26,7099	26,7099	26,7099	25,2648	25,2648	25,2648

Ilustración 90 – Grupo tarifario a partir de año 3

Las funciones de los costos mensuales entonces quedarán:

- Hasta año 3: 
$$Cel(n) = \frac{2662}{2} \$ + 34,46 \frac{\$}{kWh} * (35,2 kWh + n * 63,36 kWh)$$

$$Cel(n) = 2544 + 2183,4 * n$$

- Después de año 3: 
$$Cel(n) = 6953,86 + 2753 * n$$

### COSTO DE AGUA Y GAS

El gas se estimará un costo fijo promedio utilizando como base lo que se paga en domicilio personal ya que solo se utilizará para servicios básicos (agua caliente, cocina, etc.)

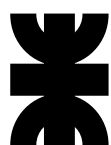
Para el agua se simplificará al evaluarlo de modo igual que el gas, mientras que el agua que se trate y se venda se considerará a partir del precio del insumo en el mercado, en donde solo se actuaría como revendedor. Esto ya trae incluido en costo de los recipientes comerciales y la cantidad neta de agua.

### COSTO DE COMBUSTIBLE

Aquí se pone difícil estimar los costos, pues se hace muy fluctuante tanto distancias, como frecuencias de recorrido a realizar con el mantenimiento.

Se aproximará que se visitará dos veces cada cliente que contrate servicio al mes, pero este costo no es lineal pues se pueden planear recorridos a modo tal que se ahorre en el consumo de combustible.

UTN  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 98 de 120

Tomando este enfoque es que se puede proyectar la cantidad de combustible según los recorridos a realizar, pudiendo visitar diariamente un total de 15 viviendas con un recorrido de aproximadamente de 13 km diarios.

Si con el vehículo planteado se considera un consumo de 10,5 km/l en ciudad. Y tomando el precio de la nafta a \$ 310 por litro podemos elaborar a una función. Tomaremos varios puntos "de trabajo" siguiendo el criterio de que a medida que aumenta el consumo, los clientes estarán más próximos entre sí, por lo que aumenta la cantidad de clientes por km recorrido, no así cantidad por día máxima capaces de cubrir por camioneta; este valor estará dado por las 15 viviendas diarias.

Aproximando el valor final de la cantidad de servicios que se prestarán tomando como premisa que todo cliente lo incluye y nunca de baja el servicio:

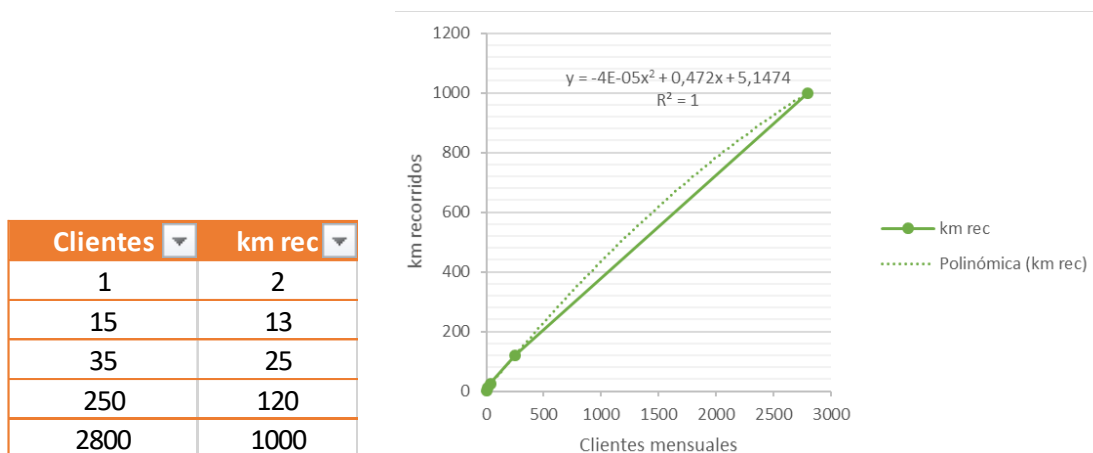


Ilustración 91 – Estimación de km recorridos/clientes

Con esta ecuación resultante y el precio del combustible podremos estimar con bastante exactitud el gasto en combustible. Trabajándola con ayuda del mathematica 09:

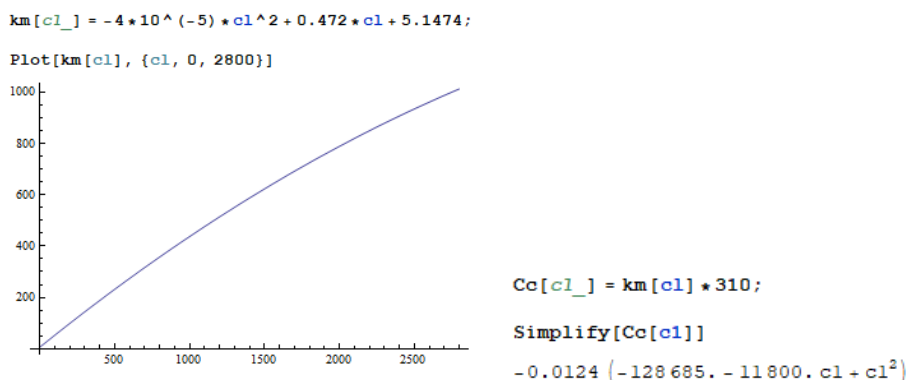


Ilustración 92 – Gráfica y ecuación de km recorridos/cliente

Esta función se ingresará en el Excel del flujo de fondos, variando en función de las suscripciones mensuales.

### COSTOS DE DEPRECIACIÓN

Este costo se vinculará a la cantidad de vehículos, maquinaria, computadoras y el software diseñado, el costo de su depreciación se estimará por su valor de adquisición y su valor al término de su vida útil.

Para los vehículos:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo del vehículo} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil en años}}$$

Suponiendo una vida útil de 5 años donde el producto se vende al 45% del precio adquirido (relacionando valores del mismo modelo de camioneta con 5 años de diferencia en modelos través de mercado libre e integrándole un desgaste por el uso), por lo que anualmente se tiene:

$$\text{Dep anual} = \frac{P_{veh} - P_{veh} * 0,45}{5} * N_{veh}$$

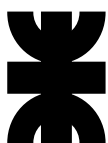
Para la maquinaria aplica el mismo criterio, para las computadoras se venderán al 20% del precio adquirido al final de los 5 años. Mientras que el edificio es alquilado por lo que no se tiene en cuenta.

### HORIZONTE DE EVALUACIÓN

1) **Depende del proyecto:** Si se tiene una vida útil esperada posible de prever (por ejemplos similares) y no es de larga duración, conviene acotar el estudio del flujo a ese número de años. Si no se tiene una permanencia definida, resulta importante establecer un horizonte de evaluación que permita considerar la conveniencia de la decisión en el largo plazo. Sin embargo, el concepto de largo plazo es relativo, pues no es lo mismo medir la rentabilidad de un proyecto de una terminal portuaria que la de un proyecto de un local de comida rápida. Generalmente el periodo de recuperación de la inversión es bastante mayor en el primer caso que en el segundo, razón por la cual el horizonte de evaluación necesariamente será mayor en el caso del proyecto portuario, aun cuando pudiera corregirse en la estimación del valor de desecho.

En nuestro caso se trata de proyecto hidropónico

UTN  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 100 de 120

**2) Depende del grado de obsolescencia:** velocidad del ciclo de vida del producto o servicio que se analice. Aquellos más vulnerables a la obsolescencia tecnológica, social o cultural, necesariamente deberán ser evaluados conforme a un horizonte menor que aquellos que presentan un caso de obsolescencia más reducida, como puede ser el de un determinado diseño textil respecto de un proyecto de envasado de sal.

**3) Estabilidad del entorno:** mientras menor sea el grado de estabilidad política, económica, social, regulatoria, ambiental y tecnológica, el nivel de credibilidad de los flujos proyectados necesariamente será menor. En caso puede llegar a ser imposible validar la proyección.

**4) Influencia en VAN:** cuanto mayor sea el tiempo, menor será el valor de los flujos finales en valor presente.

También puede estar limitada por el tiempo de una concesión, pero si esta es de 50 años seguramente deba hacerse un estudio de rentabilidad con un plazo menor a este para tener un mejor parámetro.


Para obtener un buen parámetro del proyecto se realizará un análisis con un **horizonte a 5 años**.

## ESTRUCTURA DE FLUJO DE CAJA

**Cuadro 14.1**

+ Ingresos afectos a impuestos
- Egresos afectos a impuestos
= EBITDA
- Gastos no desembolsables
= Resultado antes de impuesto /EERR
- Impuesto
= Resultado después de impuesto
+ Ajustes por gastos no desembolsables
= Resultado operacional neto
- Egresos no afectos a impuestos
+ Beneficios no afectos a impuestos
= Flujo de caja

*Ilustración 933 – Estructura general para cualquier finalidad del estudio de proyecto*

 <p><b>UTN</b> FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<h3>PROYECTO FINAL</h3>	<p style="text-align: right;">N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<h3>Módulo de Hidroponía</h3>		<p style="text-align: center;">Ing. ELECTROMECAÁNICA</p>
		<p>Página <b>101</b> de <b>120</b></p>

Se trata de la secuencia para cálculo correcto de flujo de caja en el periodo considerado.

**Ingresos y egresos afectos a impuestos:** aquellos que aumentan o disminuyen la utilidad contable de la empresa, (ingresos de explotación, costos directos e indirectos de fabricación)

**Gastos no desembolsables:** amortización y depreciación

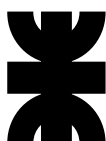
**Egresos no afectos a impuestos:** Inversiones, ya que no aumentan ni disminuyen la riqueza contable de la empresa por el solo hecho de adquirirlos.

**Beneficios no afectos a impuestos:** Generan y no provienen de la operación del negocio; valor de desecho del proyecto y recuperación del capital de trabajo si corresponde.

**EBITDA:** corresponde a las siglas en inglés de; earnings before interest, tax, depreciation, amortization, concepto que se analizará más adelante. Ganancias antes de los intereses, impuestos, depreciación y amortización.

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		25 000	25 000	30 000	30 000	30 000	36 000	36 000	36 000	36 000	36 000
Venta activo									2 500		
Costos variables		(3 000)	(3 000)	(3 000)	(3 000)	(3 000)	(3 420)	(3 420)	(3 420)	(3 420)	(3 420)
Costos fab. fijos		(2 000)	(2 000)	(2 000)	(2 000)	(2 000)	(2 200)	(2 200)	(2 200)	(2 200)	(2 200)
Comisiones venta		(500)	(500)	(600)	(600)	(600)	(720)	(720)	(720)	(720)	(720)
Gastos administración y venta		(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(820)	(820)	(820)	(820)	(820)
<b>EBITDA</b>		18 700	18 700	23 600	23 600	23 600	28 840	28 840	31 340	28 840	28 840
Depreciación		(7 800)	(7 800)	(7 800)	(7 800)	(7 800)	(9 200)	(9 200)	(9 200)	(9 200)	(9 200)
Amortización intangible		(400)	(400)	(400)	(400)	(400)					
Valor libro									(2 000)		
Resultado antes de impuesto		10 500	10 500	15 400	15 400	15 400	19 640	19 640	20 140	19 640	19 640
Impuesto		(2 100)	(2 100)	(3 080)	(3 080)	(3 080)	(3 928)	(3 928)	(4 028)	(3 928)	(3 928)
Resultado después de impuestos		8 400	8 400	12 320	12 320	12 320	15 712	15 712	16 112	15 712	15 712
Depreciación		7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	9 200	9 200	9 200	9 200	9 200
Amortización intangible		400	400	400	400	400					
Valor libro									2 000		
Resultado operacional neto		16 600	16 600	20 520	20 520	20 520	24 912	24 912	27 312	24 912	24 912
Inversión inicial	(121 200)										
Inversión de reemplazo									(10 000)		
Inversión de ampliación						(20 000)					
Inversión capital trabajo	(3 150)	(50)				(380)					
Valor de desecho											139 117
<b>Flujo de caja</b>	<b>(124 350)</b>	<b>16 600</b>	<b>16 550</b>	<b>20 520</b>	<b>20 520</b>	<b>140</b>	<b>24 912</b>	<b>24 912</b>	<b>17 312</b>	<b>24 912</b>	<b>164 029</b>

Ilustración 94 – Ejemplo didáctico del cálculo del flujo



Este es el flujo de rentabilidad de los activos, que es independiente de los recursos y se considera el valor comercial de los activos.

En cambio, si quisiera medirse la rentabilidad de los recursos propios debería analizarse la rentabilidad del patrimonio, donde juega un papel importante el efecto del **financiamiento** a fin de incorporar el impacto económico del **apalancamiento de la deuda**.

Como los intereses del préstamo son un gasto afecto a impuesto, deberá diferenciarse que *parte de la cuota pagada a la institución que otorgó el préstamo es interés y cuál 'amortización de la deuda'*. El interés se incorpora antes de impuesto, mientras que la amortización no está afecta a impuesto. Por último, deberá incorporarse como ingreso no afecto a impuesto el efectivo del préstamo para que, por diferencia, resulte el monto que debe asumir el inversionista mediante recursos propios.

Para incorporar estos efectos existen dos posibilidades que llevan al mismo resultado:


1) Adaptar la estructura expuesta, incorporando en cada etapa los efectos de la deuda;

**Cuadro 14.6**

+ Ingresos afectos a impuestos
- Egresos afectos a impuestos
EBITDA
- Intereses del préstamo
- Gastos no desembolsables
= Resultado antes de impuesto
- Impuesto
= Resultado después de impuesto
+ Ajustes por gastos no desembolsables
- Egresos no afectos a impuestos
+ Beneficios no afectos a impuestos
+ Préstamo
- Amortización de la deuda
= Flujo de caja

*Ilustración 95 – Cambio en la estructura genera debido al financiamiento*

En el caso de un préstamo, donde se tiene una tasa de interés real a pagar en cuotas iguales durante un cierto periodo de tiempo; debe calcularse primero el monto de las cuotas y la composición de cada una de ellas entre interés y amortización.

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <hr/> <p>Página 103 de 120</p>



14.1

$$C = P = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

donde  $C$  es el valor de la cuota,  $P$  el monto del préstamo,  $i$  la tasa de interés y  $n$  el número de cuotas en las que se pagará el crédito.

Para determinar que parte de la cuota corresponde a interés y amortización se elabora una tabla de desarrollo del crédito que expresa, en la primera columna, el saldo de la deuda al inicio de cada año o cada mes; en la segunda, el monto que amortizará la deuda inicial, calculada como la diferencia entre la cuota y el interés por pagar.

La amortización de intangibles corresponde a 20% anual del total de activos intangibles posibles de contabilizar, incluido el costo del estudio, asumiendo que se trata de la creación de una nueva empresa.

La segunda es realizar lo que algunos denominan **flujo ajustado**.

Este método consiste en realizar un flujo de la rentabilidad de los activos (o proyecto puro) considerando el valor total de la inversión como inversión de origen independiente y después realizar un flujo de fondos de la deuda:

Cuadro 14.10

Flujo de caja proyecto puro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos de explotación		62 000	68 200	75 020	82 522	90 774
Costo de explotación		(40 300)	(44 330)	(48 763)	(53 639)	(59 003)
Gastos de administración		(10 000)	(10 000)	(10 000)	(10 000)	(10 000)
Depreciación activos		(8 000)	(8 000)	(8 000)	(8 000)	(8 000)
Resultado antes de impuesto		3 700	5 870	8 257	10 883	13 771
Ahorro tributario 20%		(740)	(1 174)	(1 651)	(2 177)	(2 754)
Resultado después de impuesto		2 960	4 696	6 606	8 706	11 017
Depreciación activos		8 000	8 000	8 000	8 000	8 000
Inversión activos	(40 000)					
Valor desecho activos						10 000
<b>Flujo neto activos</b>	<b>(40 000)</b>	<b>10 960</b>	<b>12 696</b>	<b>14 606</b>	<b>16 706</b>	<b>29 017</b>
VAN 13%	15 760					
TIR activos	25.7%					

Ilustración 966 – Flujo de fondo de proyecto puro

Podemos calcular precisamente la deuda si se tiene el porcentaje de la inversión que se financia, tal que:

Porcentaje de deuda	40%
Monto del préstamo	16 000
Tasa anual préstamo	5.50%
Número de periodos	5

*Ilustración 977 – Apalancamiento de inversión*

Después deberá identificarse los gastos financieros que son deducibles de impuestos confeccionando un flujo de fondos.

**Cuadro 14.11**

Período	Gasto financiero	Amortización de capital	Valor cuota	Saldo insoluto	Ahorro tributario	Costo efectivo de la deuda
Año 1	(880)	(2 867)	(3 747)	13 133	176	(704)
Año 2	(722)	(3 024)	(3 747)	10 109	144	(578)
Año 3	(556)	(3 191)	(3 747)	6 918	111	(445)
Año 4	(380)	(3 366)	(3 747)	3 551	76	(304)
Año 5	(195)	(3 551)	(3 747)	0	39	(156)

*Ilustración 98 – Cuadro de financiación*

Con esto podemos hacer el flujo económico de la deuda de manera independiente

**Cuadro 14.12**

Flujo de caja de la deuda	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos financieros		(880)	(722)	(556)	(380)	(195)
Resultado antes de impuesto		(880)	(722)	(556)	(380)	(195)
Ahorro tributario 20%		176	144	111	76	39
Costo efectivo de la deuda		(704)	(578)	(445)	(304)	(156)
Amortizaciones de capital		(2 867)	(3 024)	(3 191)	(3 366)	(3 551)
Crédito	16 000					
<b>Flujo neto deuda</b>	<b>16 000</b>	<b>(3 571)</b>	<b>(3 602)</b>	<b>(3 636)</b>	<b>(3 671)</b>	<b>(3 708)</b>
<b>VAN 5.50%</b>	<b>483</b>					

*Ilustración 99 – Flujo de fondo de la deuda*

Por último, combinamos ambos flujos obteniendo el flujo de fondos ajustado:

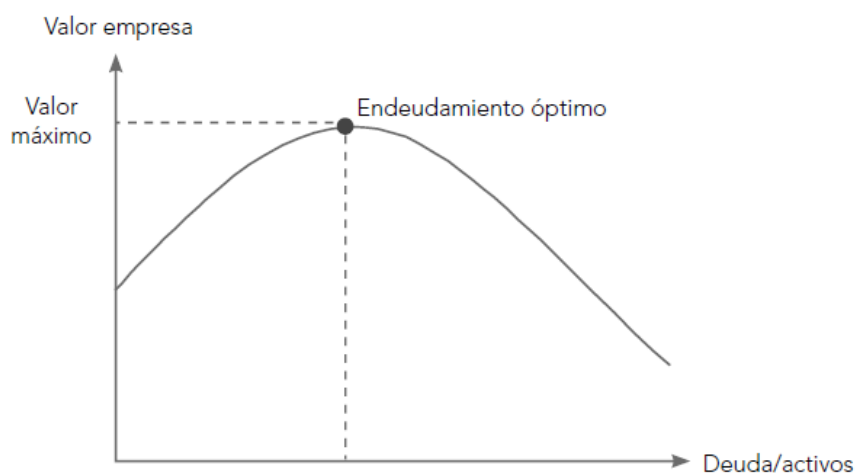
**Cuadro 14.13**

Flujo de caja del inversionista	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo neto activos	(40 000)	10 960	12 696	14 606	16 706	29 017
Flujo neto deuda	16 000	(3 571)	(3 602)	(3 636)	(3 671)	(3 708)
Flujo neto inversionista	(24 000)	7 389	9 094	10 970	13 035	25 309
VAN ajustado	16 242					
TIR patrimonio	35.9%					

*Ilustración 100 – Flujo de fondo ajustado*

Se puede ver que mientras mayor sea la exposición de deuda, mayor será el VAN ajustado, esto es cierto hasta cierto punto, pues se está asumiendo mayor riesgo de entrar en déficit ante un escenario de contracción económica, generando lo que se conoce como **angustia financiera** donde se generan señales adversas con los distintos agentes que hacen funcional la empresa (clientes, proveedores, financistas, distribución y trabajadores), poniendo en riesgo la veracidad del análisis realizado.

Cuando la probabilidad de quiebra y los costos de quiebra aparecen, entonces el flujo de los activos se verá adversamente afectado; por ello la deuda agrega valor, pero hasta cierto límite:



*Ilustración 101 – Agregado de valor de la deuda*

A modo de resumen y simplificación, no existe criterio único para abordar la rentabilidad del inversionista; una forma de hacerlo es a través de la construcción del flujo de caja financiado en el que se incorpora de forma simultánea el flujo operacional y el flujo de la deuda; sin embargo, una forma alternativa es a través del VAN ajustado, es decir, estimando el VAN del proyecto 'puro' y el VAN de la deuda de forma independiente y luego sumarlos.

El VAN del proyecto se ajusta con el valor presente del efecto que origina la estrategia de financiamiento; no obstante, la independencia de ambos flujos se logra en la medida en la que la deuda sea libre de riesgo, es decir, la capacidad de generación operacional es lo suficientemente robusta como para hacer frente a los compromisos de pagos financieros, incluso frente a escenarios adversos. Cuando la probabilidad de quiebra y los costos de esta aparecen, el flujo de los activos se verá adversamente afectado, por ello la deuda agrega valor, pero hasta cierto límite.

El EBITDA permite medir el rendimiento operacional puro de un negocio, eliminando los efectos económicos derivados de intereses de la deuda, impuestos, depreciaciones y amortizaciones; generalmente es utilizado como métrica base para la valoración de las compañías. La base imponible no refleja la utilidad del proyecto, solo es una base contable para calcular impuestos corporativos correspondientes.

La información que se incorpora en el flujo es suministrada por cada uno de los estudios particulares del proyecto. Sin embargo, el estudio financiero deberá proporcionar antecedentes sobre el monto del impuesto a las utilidades, la carga financiera de los préstamos y la depreciación de los activos, además de la sistematización de toda la información.


### INVERSIÓN INICIAL

Tomada de un préstamo personal de libre destino al banco nación de 45 millones de pesos a un plazo de 5 años (total de 60 cuotas mensuales). Este valor fue determinado en parte a partir de los costos necesarios para encarar el lanzamiento del proyecto y sumado al fondo necesario para sostenerlo en los comienzos donde se trabaja mayormente a pérdida.

### INGRESOS

Para determinar el valor de los futuros ingresos, se debe elaborar plan de negocios por el cual se le agrega valor al producto y se obtienen beneficios de este haciendo financieramente atractiva la idea.

Esta idea no solo se basará en la producción y venta de módulos hidropónicos, sino que también se ofrecerá un servicio, donde se facilita el acceso y precio de los insumos necesarios del módulo (semillas, buffers de ph, solución nutritiva, sustrato y agua tratada), se realizará el propio mantenimiento necesario del módulo y se incorporará la mejora continua del mismo en materia

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p><i>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</i></p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página 107 de 120</p>

de software, programación y cualquier parámetro que incremente la productividad o ahorre energía.

Por ende, este modelo basa sus ingresos en la venta de módulos, el servicio ofrecido y la comercialización de los insumos mencionados.

Para fijar el **precio** del módulo, se hizo un planteamiento en función de los costos, y obteniendo una ganancia de aproximadamente el 50% dada su alto desarrollo en materia intangible (programación y desarrollo);


En tanto, el servicio mensual se basó en una cuota accesible para quienes adquieren el módulo así poder desarrollar el producto de forma eficiente, garantizando la calidad y sin dejar productos obsoletos detrás. Además, este factor ayudará a que no se sufran bajas del servicio en el tiempo. El valor del mismo es de \$6000 y se paga mensualmente.

Por último, los insumos vendibles se les sacará un 20% de ganancia sobre el precio adquirido, favoreciendo tanto al cliente como al modelo de negocio planteado. En este caso el número de ventas dependerá de la cantidad de suscriptores mensuales que se tengan, pues de estos depende el volumen de ventas; se estima la cantidad de insumo mensual consumida y se visitará a los clientes una vez al mes, abasteciéndolos con los insumos necesarios. Se llevará semillas y sustrato cada 3 meses promedio por cliente, 2 buffers de ph mensuales (ya que se requiere buen control de esta variable), se renueva la solución nutritiva una vez al mes y agua tratada cada 2 meses; resultando una fórmula de cada insumo vendible mensual (en función de *la cantidad de suscriptores 's'*):

- Semillas =  $s/3$
- Buffers PH =  $2s$
- Solución Nutritiva =  $s$
- Sustrato =  $s/3$
- Agua tratada =  $s/2$

A partir del estudio de mercado y estas estimaciones, ya se tiene el volumen de ingresos mensuales que se esperan.

### CRITERIO DE EVALUACIÓN DE PROYECTO

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<h2>PROYECTO FINAL</h2>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<h2>Módulo de Hidroponía</h2>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p> <p>Página <b>108</b> de <b>120</b></p>

En la evaluación de un proyecto, las matemáticas financieras consideran la inversión como el menor consumo presente y la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación, que debe incluir una recompensa.

La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes. Para apreciar los conceptos de valor del dinero en el tiempo, flujos capitalizados y flujos descontados.

Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja descontado son el **valor actual neto (VAN)** y la **tasa interna de retorno (TIR)**. Menos importante es el de razón beneficio-costos descontada.

### CRITERIO DEL VAN

El valor actual neto (VAN) plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. El VAN como criterio representa una medida de valor o riqueza, es decir, al calcular un VAN se busca determinar cuánto valor o desvalor generaría un proyecto para una compañía o inversionista en el caso de ser aceptado.


Cabe destacar que la tasa utilizada representa el nivel de riqueza compensatorio exigido por el inversionista, por lo que el resultado del VAN entrega el cambio en el nivel de riqueza por sobre lo exigido en compensación de riesgo, pues mientras mayor sea el riesgo, mayor será la rentabilidad exigida.

Para su cálculo se utiliza la tasa de costo capital o bien tasa de descuento.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{ó bien} \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

- $Y_t$  representa el flujo de ingresos del proyecto;
- $E_t$  sus egresos;
- $I_0$  la inversión inicial en el momento cero de la evaluación;
- $i$  corresponde a la tasa de descuento
- $BN_t$  es el beneficio neto del flujo en el periodo  $t$ .

 <p>UTN FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>N. Rodríguez Álvarez E. Martínez S. Abarca L. Dimari</p>
<p>Módulo de Hidroponía</p>		<p>Ing. ELECTROMECAÁNICA</p>
		<p>Página 109 de 120</p>

## CRITERIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR))

Evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual el VAN obtenido a futuro es exactamente igual al desembolso en el momento cero.

Se basa entonces en determinar una tasa con los flujos obtenidos cuando el VAN se hace nulo.

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Donde 'r' es la tasa interna de retorno.

La tasa así calculada se compara con el costo de capital utilizado por la empresa o inversionista para el descuento de los flujos proyectados. Si la TIR es igual o mayor que esta, el proyecto debe aceptarse; si es menor, debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuya TIR es igual a la tasa de descuento se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero.

## INFLACIÓN

La inflación representa un alza sostenida en el nivel de precios. Si se asume que todos los componentes del flujo de caja, incluida la tasa de descuento, se corrigen en igual proporción, podría decirse entonces que la rentabilidad del proyecto no debiera verse afectada, pues todo se corrige por el mismo factor, numerador y denominador.

El problema de la inflación se presenta cuando no todos los factores se corrigen en igual proporción, en cuyo caso se producirían cambios en los precios relativos que sí podrían afectar la rentabilidad del proyecto.

Una inversión es el sacrificio de un consumo actual por otro mayor que se espera en el futuro. Al ser esto así, lo que debe ser relevante en la evaluación de un proyecto son los **flujos reales**, en lugar de sus valores nominales, pues estos últimos no miden cambios en el nivel de riqueza, que es precisamente el objetivo del cálculo de un VAN. **En economías con inflación**, en consecuencia, **los flujos nominales deberán convertirse a moneda constante, de manera tal que toda información se exprese en términos de poder adquisitivo del periodo cero del proyecto**, suponiendo que este representa el periodo en el que se evaluará económicamente. En definitiva, la construcción de un flujo de caja proyectado considera lo que ocurrirá mañana tomando en cuenta el poder adquisitivo actual.

## TASA DE INTERÉS DE RETORNO DE CAPITAL

El costo de capital corresponde a aquella tasa que se utiliza para determinar el valor actual de los flujos futuros que genera un proyecto y representa la rentabilidad que debe exigírsele a la inversión por renunciar a un uso alternativo de los recursos en proyectos de riesgos similares.

La tasa de descuento del proyecto, o tasa de costo de capital, es el precio que se paga por los fondos requeridos para cubrir la inversión. Representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto, según su riesgo, de manera tal que el retorno esperado permita cubrir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de la operación, los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con préstamos y la rentabilidad que el inversionista le exige a su propio capital invertido.

Se deben combinar aspectos cuantitativos y cualitativos, por lo que su determinación suele ser un tanto subjetiva. La determinación de la tasa para un inversionista en particular atenderá por lo menos cinco factores, algunos subjetivos y otros de carácter cuantitativo, que contribuyen directamente a su estimación. A continuación, se analizarán los principales aspectos:

---

### *TASA LIBRE DE RIESGO*

De cierto modo el equilibrio macroeconómico, los incentivos y desalientos a la inversión, las políticas antinflacionarias, entre otras, son los factores que afectan directamente a la tasa de descuento a emplear en el proyecto. Los bancos centrales al fijar una tasa de interés para las operaciones financieras avaladas por la autoridad dan un parámetro de costo de oportunidad de cuánto rinde dejar la inversión en plazo fijo o desembolsarla en un proyecto.

Resulta lógico concluir que, si la banca funciona al compás de las tasas determinadas por la autoridad central, estas pueden alentar o desalentar la inversión en los proyectos reales. En los hechos, las altas tasas de interés desalentarán la inversión real. Para ejemplificar lo anterior, si el banco central determina fijar la tasa de interés en 0% al año, como ocurrió en Japón durante mucho tiempo, es fácil concluir que el propósito de la autoridad es que el dinero se invierta en proyectos y no en depósitos a plazo. Por el contrario, si la tasa pagada por el sector bancario a los dineros que se depositen es alta, existirá un claro incentivo al depósito de los recursos en ellos.

Esta tasa libre sin riesgo da un parámetro para determinar la tasa de descuento, pues cuanto mayor sea el riesgo asumido en el proyecto mayor deberá ser la ganancia mínima esperada.

---

### *CAPITAL ASSET PRICING MODEL (CAMP)*

Se postula que la tasa deberá ser igual a la rentabilidad de los valores de riesgo cero más el riesgo sistemático del propio proyecto en cuestión (denominado beta del sector) multiplicado

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



**PROYECTO FINAL**

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

**Módulo de Hidroponía**

**Ing. ELECTROMECAÁNICA**

**Página 111 de 120**



por la prima de riesgo del mercado (diferencia entre rentabilidad de la economía de un país y la tasa libre de riesgo).

- Tasa libre de riesgo (ya vista previamente)
- Prima de riesgo de mercado: diferencia entre la tasa de rentabilidad esperada de una cartera de mercado y el tipo de interés sin riesgo. Se recomienda utilizar series históricas de al menos 60 meses, incluso 120 si el nivel de volatilidad de los datos es mayor
- Riesgo sistemático de la industria (beta)

---

### *COSTO DE OPORTUNIDAD*

No todo el mundo tiene los mismos costos de oportunidad. Un inversionista ya instalado en el mercado que dispone de varias posibilidades y su tasa de rentabilidad está ya referida a estos valores.

---

### *AVERSIÓN AL RIESGO*

Todo proyecto involucra riesgo; precisamente la legitimidad de la rentabilidad y el lucro se sustentan en él. Quien no quiera asumir riesgo con su dinero deberá acudir al banco para depositarlo en una cuenta de ahorro libre de riesgo y no invertir en ningún proyecto.

---

### *RIESGO PAÍS*

Al observar lo cinco aspectos que influyen en la determinación de la tasa de rentabilidad exigida, puede señalarse, que no existe una metodología única que garantice en su aplicación resultados con alto grado de confiabilidad. Quizá la mejor forma de llegar a una aproximación razonable sea mediante la consideración de todos los aspectos indicados anteriormente, y es el inversionista el que juega con el valor de la tasa de rentabilidad con la que está dispuesto a asumir el riesgo.

---

### *DETERMINACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO*

En función del riesgo asumido (10%), del riesgo país y trabas fiscales (4%), el costo de oportunidad, una prima sin riesgo (5%), los bonos del tesoro de EEUU (4%) y la incertidumbre del flujo de ventas (5%) se adopta para el proyecto una **tasa de descuento del 28%**.

La misma es elevada, pero está asociada a la incertidumbre propia de la innovación del proyecto.

## MODELO DE NEGOCIO

Con el análisis técnico se pudo determinar qué elementos son necesarios para la construcción de un módulo SEGGES, mientras que con el análisis de mercado se pudo llegar a un valor estimado de ventas de los mismos. Con estos datos podemos realizar una simulación con un número orientativo de los niveles de producción por los que una sociedad busca obtener rendimientos de la inversión deseada.

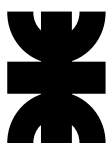
En esta etapa de validación del proyecto juegan un factor muy importante la certeza que se tenga a la hora de realizar las estrategias de marketing, el manejo de caudales (compra y venta), la óptima organización de los recursos, la gestión de la calidad y personal. Por supuesto que siempre hay una cuota de azar, la cual busca ser acotada o mitigada para disminuir el riesgo del negocio pudiendo optar por una tasa de descuento menor a la hora de analizar el flujo de fondos y determinar la rentabilidad del mismo.

El negocio no sólo se sustentará en la venta de módulos SEGGES, sino que también se venderán insumos hidropónicos y se contará con un servicio de mantenimiento para poder asegurar la calidad del producto. Todo esto se encuadra dentro de un marco social, se hará base en la ciudad de San Rafael, aunque quizá lo más adecuado hubiese sido realizar un análisis de conveniencia del lugar de la sede central, en búsqueda del radio geográfico con mayores posibles ventas, la facilidad y el costo económico de la obtención de insumos y la conveniencia en la mano de obra. La facilidad del marketing digital a día de hoy nos permite realizar publicidad específica según en el estudio de mercado.

En vista a lo planteado, se creará una Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL) denominada 'HOLUS' con base física en San Rafael, donde se dispondrán de las oficinas y la infraestructura productiva necesaria para la elaboración de los módulos vendidos proyectados. Se deberá también realizar un organigrama convenientemente según el modelo de negocio apuntado.

Se pagará 30% de impuestos sobre las ganancias ya deducidas y de seguridad social se basará en el SIPA.

En el año 3 se realiza una ampliación de la empresa, pues se lleva una sede a Mendoza capital donde se puede aprovechar mayor cantidad de mercado. Se alquila un edificio mayor en esta ciudad y se transporta la sede productiva hacia esa ciudad, quedando solo en San Rafael el departamento de innovación y desarrollo y el equipo de mantenimiento necesario.



## ORGANIGRAMA

Se contará con un sistema simple donde habrá una gerencia conformada por los 4 miembros del equipo. De este se desprenden dos sectores bien marcados; administración y fabricación (producción de módulos y servicio de mantenimiento).

Durante el primer mes se contará con una administración compuesta por un gerente de compra y venta que se abocará a la obtención de los insumos, estrategias de marketing, etc. que también esta misma persona será encargada de administración y gestión general; dos ingenieros de producto/proceso que se encargarán de definir de forma clara y óptima los parámetros necesarios de la producción, procesos necesarios, productividad y cantidad de operarios necesarios. También hará falta un encargado de mantenimiento, que tiene como fin definir y optimizar el servicio de mantenimiento ofrecido al cliente junto con el módulo; este costa de una suscripción mensual que asegura la garantía en la mano de obra (no así en los repuestos) y un servicio para facilitar la obtención de insumos, el cual está vinculado con la aplicación desarrollada liberando así la responsabilidad del propietario de conseguir estos insumos, siendo algunos vitales para el funcionamiento del módulo y la supervivencia del cultivo.

Se deberá estimar el costo que este servicio representa, al igual que los costos de producción del módulo y los costos administrativos, por lo que se contará con una quinta persona, encargada de la parte contable y legal. Esta sería la primera persona ajena a los miembros de la SRL.

Durante el primer mes no se realizarán venta alguna, será para planificar y definir los parámetros restantes del proyecto, aprovechando además que se esperan muy pocas ventas en el primer trimestre (2). Financieramente es económica esta postura ya que se podrán comprar insumos con cheque de forma que se pague cuando ya exista ganancia alguna por ventas y un proceso productivo ya en operación. Por ejemplo, los sueldos de los operadores o técnicos necesarios para el ensamble se pagarán en el 3er mes ya que los mismos se van a contratar el 2do mes.





Ilustración 102 - Organigrama de Holus.

Para determinar la cantidad de empleados se debe primero determinar una productividad. Esto se aproximará en función de la experiencia del proyectista en la realización de un prototipo funcional y se verá en la parte de determinación específica de costos.

Año y trimestre	Trimestre	Factor de consumo	%Mercado	Ventas [\$]	Unidades
2023 1T	1	1,95	0,5%	\$ 2.154.227	2
2023 2T	2	2,925	1,0%	\$ 6.557.036	7
2023 3T	3	3,9	1,5%	\$ 12.996.021	14
2023 4T	4	4,875	2,0%	\$ 21.335.464	23
2024 1T	5	5,85	2,4%	\$ 31.439.651	35
2024 2T	6	6,825	2,9%	\$ 43.172.864	47
2024 3T	7	7,8	3,3%	\$ 56.399.387	62
2024 4T	8	8,775	3,7%	\$ 70.983.504	78
2025 1T	9	9,75	4,0%	\$ 86.789.498	95
2025 2T	10	10,725	4,4%	\$ 103.681.654	114
2025 3T	11	11,7	4,7%	\$ 121.524.255	133
2025 4T	12	12,675	5,0%	\$ 140.181.585	154
2026 1T	13	13,65	5,3%	\$ 159.517.926	175
2026 2T	14	14,625	5,6%	\$ 179.397.564	197
2026 3T	15	15,6	5,8%	\$ 199.684.782	219
2026 4T	16	16,575	6,0%	\$ 220.243.863	242
2027 1T	17	17,55	6,2%	\$ 240.939.091	265
2027 2T	18	18,525	6,4%	\$ 261.634.750	287
2027 3T	19	19,5	6,5%	\$ 282.195.124	310
2027 4T	20	20,475	6,7%	\$ 302.484.496	332

Ilustración 103 – Número de ventas estimado por trimestre

A partir del 2 mes pues ya se contará con al menos dos operarios para la fabricación del prototipo, pudiendo repartirse también en tareas de mantenimiento, además en la parte de ventas se contratará un Community Manager que cobrará sólo a comisión en el mercado informal.

En base a la experiencia se determina que dos operarios, con toda la maquinaria, insumos y procesos necesarios pueden realizar 1 módulo cada 4 días laborales completos. Esto en un comienzo donde se utilizará un método de producción a pedido, el cliente debe abonar la mitad del monto total antes de empezar el proyecto (encargándolo) y el total una vez finalizado. De todas maneras, la cantidad de producción en función de la cantidad de operarios no es lineal, sino que a medida que se aumente la producción, se especificarán los procesos, se automatizará la cadena de producción, pudiendo de este modo reducir la cantidad de operarios y el tiempo necesario para la construcción de un módulo.

Por esto, al segundo mes se incorporarán los primeros 2 operarios que comenzarán las tareas de ensamble y mantenimiento requeridas. El pago de su salario se verá reflejado recién en el mes 3.

Para el último trimestre del año 2 se despacharán alrededor de 26 módulos por mes, siguiendo el planteo previo se requerirían 13 operarios. Hasta ese año este número es tolerable y teniendo

en cuenta además que de estos 13, dos o más estarían destinados al mantenimiento ofrecido como servicio.

A partir del año 3, la ecuación cambia y se estima que se requiere un operario para ensamblar un módulo completo en una semana, esto sumado a la cantidad creciente de ingenieros de proceso que se requerirán para lograr estos objetivos.

## EVALUACIÓN DE PROYECTO

Después de pulir el funcionamiento, asignar recursos, unidades vendidas, realizar los desembolsos y depreciaciones correspondientes a través de una simulación en Excel, se obtuvieron los siguientes resultados del flujo de fondos:

Periodo /Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>2.950.218</b>	<b>20.058.490</b>	<b>10.151.941</b>	<b>86.669.989</b>	<b>668.453.811</b>
<b>Inversion Inicial</b>	<b>-45.000.000</b>				
<b>Tasa Descuento [r]</b>	<b>28%</b>				
<b>VAN</b>	<b>201.221.162</b>				
<b>TIR</b>	<b>87,2%</b>	<b>Se acepta</b>			

*Ilustración 104 – Resultado del flujo de fondos proyectado*

El **VAN** nos otorgó un valor positivo mucho mayor que cero y el **TIR** nos entregó un valor superior a la tasa de descuento exigida al proyecto, por lo que podemos concluir que el proyecto asegurará **una rentabilidad aceptable**.

## CONCLUSIÓN

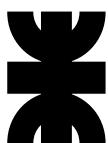
Para dar cierre a este informe, se trae a colación nuevamente los objetivos planteados en el inicio del mismo, para lograr hacer una recapitulación de las acciones tomadas para alcanzar dichos objetivos y si las mismas fueron efectivas.

Dentro de los objetivos específicos, se planteó la implementación de la hidroponía como herramienta para aportar a la característica sostenible del proyecto. Para lo cual se realizó una investigación teórica sobre los pormenores de la misma, además de recabar información sobre conocimientos generales de botánica que son relevantes de conocer y que son la base de funcionamiento de la hidroponía. Una vez procesada esa información, se desarrolló el diseño de un módulo de cultivo, que aplique la hidroponía y la combine con automatización para crear un producto innovador que sea aplicable y solucione problemas actuales. Adicionalmente, logró construirse un prototipo que refleje dicho funcionamiento en la realidad y que fue construido exitosamente. De esta manera pudo completarse el primer objetivo general relacionado a la creación de un producto de cultivo doméstico de frutas y verduras de manera satisfactoria, validando el aspecto técnico de este proyecto.

Paralelamente, esta investigación estuvo acompañada de un estudio de mercado, contemplando aristas como competencia indirecta o directa del producto, un vistazo general del mercado hidropónico mundial y nacional, como así también una segmentación de potenciales clientes según ubicación, edad y desenvolvimiento económico. Esto sentó las bases para posteriormente ejecutar una proyección de ventas, posicionando a la empresa emergente dentro de un mercado muy competitivo y estimando un porcentaje de ventas respecto de las totales a nivel nacional, haciendo uso de los datos disponibles. Con esa proyección, fue posible la confección de un flujo de caja que refleje el progreso del plan de negocios que acompaña a este proyecto, siendo el plazo de estudio de 5 años. Los indicadores económicos mostraron que el proyecto puede ser viable, siendo esto que exista una remuneración de lo invertido dentro del tiempo de estudio, validando de esta forma el aspecto económico.

En consecuencia, es seguro afirmar que las acciones y estudios realizados en pos de cumplir los objetivos específicos y generales fueron tremendamente efectivos, y dieron resultados positivos en cuanto a su cumplimiento. La posibilidad de, paralelamente al informe, construir un prototipo funcional del producto ideado se tradujo en un complemento de los conocimientos que se intentaron plasmar a lo largo de este documento. Todo este proceso fue tremendamente fructífero, significando un progreso desde lo profesional y personal para los integrantes del grupo.

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 118 de 120

## AGRADECIMIENTOS

En este espacio los autores queremos expresar nuestra gratitud para con todas las personas que han dado su aporte, en forma directa o indirecta, a la concreción de este proyecto en su totalidad, no sólo acotado a este documento, pero también a la construcción del prototipo, materialización de nuestro esfuerzo y compromiso con la carrera de ingeniería electromecánica toda.

A todos los profesores que nos acompañaron durante nuestra formación como profesionales, y en particular a los que intervinieron en este proyecto: ingenieros Goñi (titular de la cátedra “proyecto final”), Putignano (director del proyecto de investigación vinculado a este informe), Quiles (titular de la cátedra “formación de emprendedores” donde nació la idea del proyecto), Piedrafita, entre otros. Su aporte para la fabricación del módulo es invaluable y no se hubiese concretado sin ellos. También hacer mención a personal de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael, que contribuyó con la adquisición de algunos de los materiales para el módulo, aportando de esta forma a cumplir nuestros objetivos.

A nuestras amistades, colegas estudiantes y futuros colegas ingenieros, por su compañía a lo largo de nuestra carrera conjunta, complementando nuestro conocimiento y luchando codo a codo con el cumplimiento de las obligaciones estudiantiles, y por su aporte particular para este documento, con un punto de vista exterior pero informado sobre aspectos técnicos de este proyecto.

Y principalmente, a nuestras familias, nuestros padres, madres, hermanos, hermanas y parejas. Ellos son el pilar fundamental y el motor de nuestro esfuerzo día a día. Su aporte data incluso de antes de nuestra entrada a la facultad, inculcándonos valores como la honestidad, compromiso y profesionalismo, que quedarán en nosotros para todo nuestro camino. Incluso a día de hoy, su compañía es ineludable y eso convierte a nuestros logros, en suyos.

A todos ellos, nuestros más sinceros agradecimientos, de parte de Holus.

**UTN**  
FACULTAD  
REGIONAL  
SAN RAFAEL



PROYECTO FINAL

*N. Rodríguez Álvarez  
E. Martínez  
S. Abarca  
L. Dimari*

Módulo de Hidroponía

Ing. ELECTROMECAÁNICA

Página 119 de 120



## BIBLIOGRAFÍA

W. F. Gericke (1940) The complete guide to soilless gardening.

José Beltrano y Daniel O. Gimenez (Edulp) Cultivo en hidroponía.

Margarita Araceli Zárate Aquino, Manual de hidroponía.

Joaquín Azcón-Bieto y Manuel Talón, Fundamentos de fisiología vegetal.

Katherine Esau, Anatomía vegetal.

Marcela Teresa Cosa, Nilda Dottori y otras, Atlas de anatomía vegetal y Órganos vegetativos.

Organización de las naciones unidas (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio: Informe.

Nueva York.

Organización de las naciones unidas (2015). Objetivos de Desarrollo del Sostenible: Nueva

York.

María del Pilar Longar Blanco y otros (2012) Estado de la técnica de hidroponía.

Richard G. Allen, FAO Irrigation and Drainage Paper N°56, Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022), World food and agriculture statistical book.