

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE SISTEMA DE IRRIGACIÓN POR
GOTEO AUTOMATIZADO PARA TALLER “HUERTO ORGÁNICO SANTA
AMALIA”**

Trabajo de título para optar al título de
Ingeniero en Ejecución Mecánica de
Procesos y Mantenimiento Industrial.

Alumnos:

Germann Alberto Chandia Gallardo

Aaron Aballay

Profesor Guía: Marcelo Quiroz Neira

2022

AGRADECIMIENTOS

Aaron Michel Aballay Gonzalez:

Agradezco a mis padres Eduardo Aballay y Maritza González, mis hermanas Karina Aballay y Ámbar Aballay por haberme brindado su apoyo y motivación durante el transcurso de la carrera, a los profesores, compañeros de trabajo y amigos que me brindaron su guía para llevar a cabo de manera correcta este proyecto.

Germann Alberto Chandía Gallardo:

Agradezco profundamente a todas las personas que me han apoyado y motivado en mi camino dentro de la universidad, en especial a mis queridos padres Germann y Roxana, a mis queridas mascotas que alegran mi estadía en este mundo, son animales nobles y serviles. Agradezco a todas las personas que me han entregado su conocimiento sin dar nada a cambio, como a mis maestros, a mis compañeros de trabajo y a uno que otro jefe. Agradezco todas las oportunidades que se me han dado en esta vida, y a como las situaciones y aspectos de la vida me han llevado hasta aquí.

RESUMEN

En Chile se está viviendo una crisis hídrica que se está dando a conocer hace varios años, la industria, la agricultura, la ganadería y los distintos rubros de producción y manufactura han ido siendo los principales consumidores de agua ya sea potable, industrial, napas, pozos, etc. Esto y los distintos contaminantes expulsados al ambiente por el ser humano han ido mermando la calidad del agua y su suministro para consumo humano. Según el último estudio (2019) de World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, 17 países de 164, que reúnen a una cuarta parte de la población mundial, enfrentan un estrés hídrico (cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible) extremadamente alto. En este informe, Chile se encuentra en el puesto 18, ubicándose en el segundo nivel denominado “estrés hídrico alto”, posicionándose, así como el primer país en América Latina en esta condición, seguido por México que ocupa el puesto 24 y todo el resto del continente se posiciona en los estamentos medio-alto, medio-bajo y bajo. ***Chile lidera la crisis hídrica en América Latina. (2022, marzo 22). Uchile.cl.***

Frente a este problema, se presenta este estudio técnico y económico para un sistema de irrigación mediante la extracción de agua de napas subterráneas, todo esto con el fin de poder realizar una mejora a un huerto urbano creado por los pobladores de Lirquen, dentro de las posibles opciones, está la de la automatización del sistema, mediante el sistema Arduino, que es una opción viable y económica de mantener el sistema de riego de manera casi autónoma. Este proyecto sienta sus bases en la sustentabilidad, autonomía y el cuidado del medio ambiente, se espera poder sembrar la semilla dentro de la comunidad, para que pueda seguir adelante este proyecto de mejora.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVO ESPECIFICO	2
1 CAPÍTULO:.....	3
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.1 MOTIVACIÓN	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 ESCENARIO HÍDRICO EN CHILE	6
1.4 GESTIÓN DEL AGUA.....	7
1.5 RACIONAMIENTO DEL AGUA	8
1.5.1 FUNCIONES DEL ESTADO EN LA GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	9
1.5.2 CODIGO DE AGUAS 1981	11
1.6 DATOS.....	13
1.6.1 MINAGRI	13
1.6.2 INE	13
1.6.3 SISTEMA DE LAS NACIONES UNIDAS (SNU).....	13
1.6.4 DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO / ONU	14
2 CAPÍTULO	15
2.1 HUERTO COMUNITARIO	16
2.1.1 DESARROLLO DE UN HUERTO COMUNITARIO.....	17
2.1.2 BENEFICIOS DE UN HUERTO URBANO	17
2.2 DPV EN INVERNADEROS Y HUERTOS CERRADOS	18
2.3 REQUERIMIENTO HIDRICO EN CULTIVOS	18
2.4 ETAPAS DE CRECIMIENTO EN LOS CULTIVOS.....	19
2.5 ETAPAS DE CRECIMIENTO DE UNA PLANTA	20
2.6 CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA	21
2.6.1 PUNTERA	21

2.7	SISTEMA GENERAL Y REQUISITOS	22
2.8	SISTEMA DE MEDICIÓN – CAUDALES PEQUEÑOS	24
3	CAPITULO	26
3.1	SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	27
3.1.1	ALTURA DE ASPIRACIÓN	27
3.1.2	CORRECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN HIDRAULICA	27
3.1.3	INSTALACIÓN DE ASPIRACIÓN.....	28
3.1.4	CALCULO DEL NHSP DISPONIBLE.....	28
3.1.5	NPSHdisponible v/s NPSHrequerido.....	33
	• NPSHdisponible = Depende de nuestra instalación, del fluido y la temperatura. 33	
3.1.6	LAYOUT BOMBA.....	35
3.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO	35
3.3	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	37
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES	38
	DISEÑO DEL HARDWARE	38
3.4.1	PLACA ARDUINO NANO.....	38
3.4.2	SENSOR DE AIRE Y HUMEDAD (DHT22/DHT21)	40
3.4.3	SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO – S. CAPACITIVO DE HUMEDAD YL – 69 & SONDA YL-69	40
3.4.4	MÓDULO RELÉ DE 4 CANALES (RELAY 4CH 5VDC)	41
3.4.5	VALVULA SELENOIDE	¡Error! Marcador no definido.
3.4.6	DISPLAY LCD2004	43
3.4.7	MB102 FUENTE ALIMENTACIÓN 3.3 V/5 V PARA PLACA ARDUINO 44	
3.4.8	MÓDULO TRANSFORMADOR 220V AC A 12V DC.....	45
3.5	DISEÑO DEL SOFTWARE	45
	ENTORNO DE DESARROLLO	45
3.6	ALGORITMO	47
3.7	DISEÑO DEL CIRCUITO (FRITZING).....	48
	SISTEMA COMPLETO	48
3.8	CONEXIONES DETALLADAS	49

3.8.1	SENSOR DE TEMPERATURA.....	49
3.8.2	SENSOR CAPICITIVO DE HUMEDAD DEL SUELO	49
3.8.3	REAL TIME CLOCK (RTC).....	50
3.8.4	RELE.....	50
3.8.5	LCD.....	51
4	CAPITULO	52
4.1	OBJETIVOS ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	53
4.2	DEFINICIÓN DEL PROYECTO “HUERTO URBANO”	53
4.3	REFERENCIAS	54
4.4	METODOLOGIA	54
4.5	MODELO CANVAS	55
4.6	ANALISIS OFERTA	55
4.7	ANALISIS DE LA DEMANDA.....	56
4.8	DETERMIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS E INFRASTRUCTURA..	57
4.1	DETERMINACIÓN DE INGRESOS	58
4.1	DETERMINACIÓN DE COSTOS	58
4.2	CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO	59
4.3	FLUJO DE CAJA.....	59
4.3.1	RESULTADOS FLUJO DE CAJA	60
4.4	POSIBLES MEJORAS QUE INCORPORAR	61
4.5	POSIBILIDAD DE PRODUCTO COMERCIAL	61
4.6	ALCANCE DEL PROYECTO	64
4.7	CONCLUSIÓN TRABAJO DE TITULO.....	64
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
6	ANEXOS	71
	CODIGO SCANNER I2C	71

INTRODUCCIÓN

Como bien sabemos, el agua es un recurso natural renovable, la podemos encontrar en muchas formas y lugares, en forma de sólido, líquido o gas. El problema viene cuando este recurso se usa de manera irresponsable, y no es regresado de la manera adecuada al ecosistema, en algún momento, el agua será un recurso muy escaso y valioso, el cual tendrá un valor similar a productos de lujo. El agua en nuestro país Chile, como bien sabemos está escaseando de manera grave en ciertos sectores del país, sobre todo en la zona centro-norte, el claro ejemplo es Petorca, lugar conocido internacionalmente por su brutal falta de agua, donde animales mueren de sed, plantas mueren por falta de agua, y la gente no tiene agua para su consumo, todo esto por el mal uso de un recurso que es de todas las personas por cierto grupo de agricultores, los cuales se dedican al cultivo de paltas o aguacates, en un lugar no apropiado para su cultivo, debido a que la palta o palto es un árbol introducido, el cual necesita miles de litros de agua para su crecimiento.

Greenpeace Chile. (2022, 1 mayo). ¿Por qué el precio de la palta está por las nubes?

La industria de la palta requiere una demanda enorme de agua cada kilo de producto necesita unos 2.000 litros de agua. Para tener una idea eso es 4 veces más que las naranjas y 10 veces más que los tomates. La palta producida en Petorca está dentro de los 5 cultivos que más agua consumen en el mundo.

La misión como ingenieros es la de poder dar un empujón a cierto grupo de personas, en este caso el Huerto Comunitario “Santa Amalia”, para que el caso de Petorca no se repita en la región del Bio-Bio ni en ninguna otra región del país, mejorar y educar a las personas en el autocultivo, en el cuidado del medio ambiente y en la autogestión.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar técnicamente un sistema de regadío, acumulación y distribución del agua en el “huerto urbano Santa Amalia”
- Evaluar económicamente sistema de regadío.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Diseño, evaluación técnica y económica de un sistema de extracción, distribución de agua y cultivo dentro del huerto comunitario “Santa Amalia”.
- Estudio de diferentes sistemas de riego, de extracción de agua y de invernaderos, sus pros y contras, etc.
- Análisis de la tecnología Arduino para el uso de sistemas de riego automatizados.

1 CAPÍTULO:

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 MOTIVACIÓN

La motivación como ingenieros, es la de enseñar y dar a conocer alternativas amigables con el medio ambiente para poder desarrollar de manera óptima el Huerto Urbano “Santa Amalia”, con agua disponible y el sistema de extracción de agua de puntera disponible, solo queda el cultivo de cualquier producto dentro de los invernaderos, con esto mantener una producción constante y autosustentable para las personas que participan del huerto.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema actual que se presenta en el huerto comunitario es el uso de agua de la red pública, lo que genera un costo de una u otra manera, costo el cual tienen que lidiar la municipalidad de la comuna, debido a la poca información que poseen los usuarios, las cantidades de agua no están siendo cuantificadas de ninguna manera, quizás si esto fuera medido de la manera adecuada, la producción del huerto y la calidad de los vegetales, hortalizas o frutas sería mayor y de mejor calidad. Otro de los problemas con el que se tiene que lidiar es el mal uso de agua por parte de los agricultores en general, debido a su nulo o poco conocimiento en aprovechamiento del agua y sistemas de riego eficientes. Poco se toma en cuenta los requerimientos óptimos para las hortalizas, menos los factores ambientales tales como la humedad del piso, la temperatura óptima del invernadero, la ventilación, etc.

Mostrador, E. (2019, 30 de agosto). Cómo la escasez de agua desaparecería de la agricultura de nuestro país.

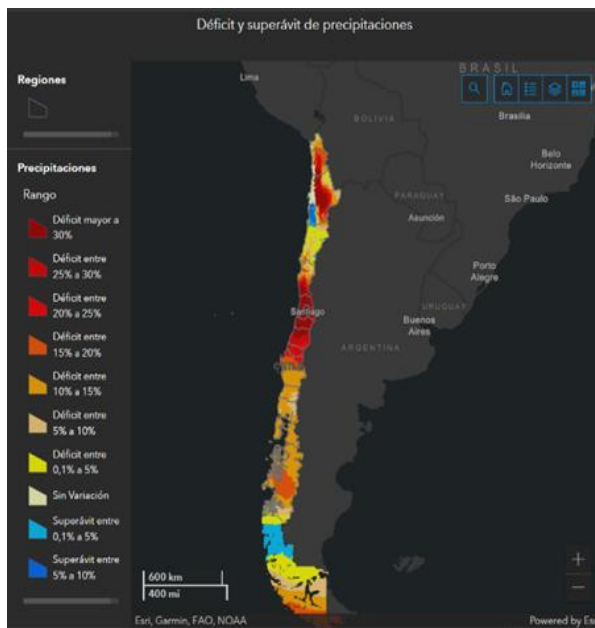
“La agricultura utiliza más del 70% del agua en Chile, siendo el principal consumidor de agua dulce. Según antecedentes entregados en la Política Nacional para los Recursos Hídricos, Chile posee un déficit de agua de 82,6 m³/s, el cual aumentará a 149 m³/s al año 2030.”

1.3 CRISIS HÍDRICA EN CHILE

Actualmente Chile lidera la crisis hídrica en Latinoamérica, el país posee una mala estructura que gestiona el recurso hídrico, entorpece el buen uso del agua por parte de la población en general y tiene una regulación poco clara y accesible, otro punto que hace que Chile se vea tan afectada por la sequía actualmente, es el cambio climático, el cual ha acrecentado la falta de agua en gran parte del país.

Según estudios realizados en el año 2019 por el World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, hay 17 países de un total de 164, los cuales reúnen una cuarta parte de la población mundial, enfrentan en este momento un estrés hídrico (*cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible*) extremadamente alto. Chile es el país número 18 de la lista, ubicándose en el segundo nivel denominado “estrés hídrico alto”, posicionándose como el primer país de latino América con esta condición antes mencionada, seguido por detrás por México que ocupa el puesto 24 y el resto del continente se encuentra en estratos medio-alto, medio-bajo y bajo. *Chile lidera la crisis hídrica en América Latina. (2022, marzo 22). Uchile.cl.*

Imagen N°1: Visor de Sequia Ministerio de Bienes Nacionales



Fuente: Web Ministerio de Bienes Nacionales.

1.3 ESCENARIO HÍDRICO EN CHILE

Chile no tiene un escenario hídrico desfavorable, causas naturales, el hombre y la nula gestión responsable de este recurso han afecto en gran medida al agua, las causas eminentemente naturales, como la disminución de precipitaciones de agua y nieve, y el derretimiento de nieve y retroceso de glaciares por aumento de temperaturas afectan considerablemente el nivel de vida del ciudadano promedio en Chile, esto afecta al precio de alimentos, verduras hortalizas, legumbres, etc.

La directora del Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U de Chile, María Christina Fragkou, coincide que uno de los problemas centrales es la **gestión, propiedad y distribución del recurso hídrico**. *Chile lidera la crisis hídrica en América Latina. (2022, marzo 22). Uchile.cl.*

Imagen N°2: La mega sequía se ha extendido por más de una década en la zona central de Chile



Fuente: ¿Fueron suficientes las lluvias invernales para dar por terminada la mega sequía (2022, septiembre 28)? La Tercera.

1.4 GESTIÓN DEL AGUA

En Chile desde la promulgación de la constitución del año 1980, el código de aguas del 81 y cuando se deroga la ley de la reforma agraria promulgada por Alessandri en el año 62, la cual distribuye entre campesinos y el estado las tierras del país para poder reformar el campo en sí. El derecho al agua ya no es considerado una concesión a través de un acto administrativo, en cambio incorpora el dominio total del titular del terreno para su goce y disposición en conformidad con la ley. Desde ese momento, el agua pasa a ser una propiedad individual, separada de la tierra. Con esto se da el derecho de propiedad al agua, permite al propietario de este poder usufructuar de la manera que desee este recurso, el estado deja de ser el que determina y gestiona el buen uso, si no que pasa a manos particulares.

Imagen N°3: Sequía en Petorca, 2019



Fuente: Región de Valparaíso: Petorca y La Ligua son los ríos con el caudal más bajo del país. Emol.

Actualmente el agua es un recurso natural no renovable y a la vez un recurso limitado, por eso es por lo que lo que se busca ahora en este momento es hacer un uso eficiente, que se haga un balance respecto a la demanda de la población e industrias y el respeto que se

debe tener con el medio ambiente y el resto de los recursos naturales, ya sean renovables o no. Este recurso actualmente está siendo altamente demandado, es vital e irremplazable y es necesario preservar, gestionar y administrarlo de la manera adecuada.

Imagen N°4: Gestión del agua, justicia – Desarrollo sostenible



Fuente: www.iagua.es

1.5 RACIONAMIENTO DEL AGUA

Actualmente y debido a la crisis hídrica que está en el país, diferentes localidades, comunas, pueblos y hasta grandes ciudades como Santiago, han tenido que recurrir al racionamiento de agua, sobre todo en tiempo de verano, donde la sequía se acrecienta y los lugares donde conseguir agua se hace aún más difícil. Chile actualmente vive un gran proceso de desertificación, que significa esto, que las zonas del país que son consideradas áridas, semi áridas y subhúmedas secas, están sufriendo degradación en la tierra debido a la actividad humana y las diferentes variaciones climáticas.

Imagen N°5: ¿Racionamiento de agua? El complejo escenario que instala la crisis hídrica en el país.



Fuente: radio.uchile.cl

Este fenómeno de desertificación está avanzando a pasos agigantados en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana las cuales dentro de los últimos 10 años se han visto fuertemente afectadas. Chile dentro de su historia siempre ha tenido zonas de alto estrés hídrico, tales como el desierto de Atacama el cual es uno de los desiertos más áridos y secos del mundo, esto significa que este fenómeno no siempre ha sido aislado, el problema es que actualmente se está expandiendo hacia la zona centro del país, incluso a parte del sur. Actualmente el gobierno de Chile si es necesario tiene dentro de sus planes realizar racionamiento de agua en Santiago, la capital del país, además de incluir cortes de agua rotativos a diferentes sectores de la capital, en especial a los hogares que se abastecen por el cauce del Rio Mapocho.

1.5.1 FUNCIONES DEL ESTADO EN LA GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Las funciones que posee el estado en la gestión del recurso hídrico, está ligado a un conjunto de instituciones y agencias gubernamentales, las cuales tienen en su poder el

agua o regulan las acciones que toman los usuarios dentro de una cuenca. Las funciones que cumple el estado en este proceso son:

I. INVESTIGAR, MEDIR Y INFORMAR

El servicio hidrométrico de Chile es el cual está encargado de medir los recursos hídricos utilizados por particulares, esto mediante el Servicio Hidrométrico Nacional, el cual genera una base de datos, lo cual permite generar estadísticas de uso, histogramas, etc.

II. REGULAR EL RECURSO HÍDRICO

El estado regula el recurso hídrico, evitando que terceros sobreexploten y mal utilicen tal recurso, resguardando la sustentabilidad medio ambiental.

III. REGULAR SERVICIOS ASOCIADOS

El estado se encarga de regular y dar continuidad a la función que cumplen los servicios asociados a los recursos hídricos tales como el servicio de agua potable, plantas de hidroelectricidad, etc. El estado promueve las condiciones adecuadas para que estos servicios se desarrollen libremente, pero de manera sustentable. Debido al sistema que manejan (monopolio) estos servicios sanitarios y de abastecimiento eléctrico, el rol que cumple el estado es de regular y garantizar que estas empresas den un servicio de calidad y además definir sus tarifas.

IV. CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE

La Ley de Bases del Medio Ambiente, el Código de Aguas y otras normativas, se encargan de proteger este recurso en un marco de desarrollo sustentable.

V. SUPLIR NECESIDADES BÁSICAS DE SECTORES POBRES

Dentro de las funciones que el estado posee es la de subsidiar a la población de escasos recursos, todo esto a través de las municipalidades, así se logra financiar parte del servicio utilizado para quienes no logran cubrir el total del costo. Actualmente es una estrategia insuficiente, debido a la alta demanda.

VI. PROMOVER, GESTIONAR Y APOYAR EL FINANCIAMIENTO EN OBRAS DE RIEGO

El estado tiene la tarea de promover, gestionar y en la medida de que existan beneficios sociales, apoyar en financiamiento de obras de riego y de grandes obras hidráulicas, que debido a su complejidad no pueden ser realizadas por manos privadas. La CNR o Comisión Nacional de Riego, es un organismo encargado de realizar las obras de riego, tiene la responsabilidad de coordinar la formulación y materialización de la política nacional de riego, al objeto de lograr un buen aprovechamiento del agua.

1.5.2 CODIGO DE AGUAS 1981

El código de aguas de 1981 es un regulador e inscripción de derechos adquiridos legítimamente bajo la vigencia de las leyes anteriores.

La sentencia del tribunal, que declara la regularización del derecho, no tiene una naturaleza constitutiva ni creadora del derecho, sino simplemente se limita a dejar constancia de ello. Es decir, le otorga certeza y seguridad jurídica, permitiendo su inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas y Conservador de Bienes Raíces.

La concesión del recurso hídrico debe poseer al menos tres preceptos fundamentales:

- Que sea legalmente procedente.
- Que no afecte derechos de terceros.
- Que exista disponibilidad del recurso.

El código de aguas es el ente regulador entre el dominio de la tierra y el agua, permitiendo así que el recurso sea de libre compra y venta, se supone que este código se rige por distintas normas que aseguran la estabilidad, la conservación y que el recurso pueda ser utilizado por otras personas.

Actualmente el código de aguas no protege a las comunidades del despojo de los recursos hídrico, además de que no existe ningún tipo de compensación por efectos adversos que

pueda provocar el mal uso de este recurso. Al no poseer costos de mantención o por la propiedad de este, la concesión no se retira, ni tampoco se fijan límites a la concesión de derechos de uso.

Resumiendo, el código de aguas de 1981 define el recurso hídrico como un bien nacional de uso público, pero al mismo tiempo lo define como un bien económico. Permite la privatización del agua a través de la concesión de derechos de aprovechamiento gratuitamente y a perpetuidad (no fija ningún tipo de límite a la concesión) y además separa el agua la propiedad del agua del dominio de la tierra, permitiendo así su libre compra y venta. Se establece un sistema de redistribución del agua a través de transacciones entre manos de privados, así se crea un mercado del agua, lo cual favorece la concentración de la propiedad sobre este recurso.

El derecho de uso se otorga a los particulares según las disposiciones establecidas en el Artículo 5 del Código de Aguas. En la legislación chilena, dicho derecho es un bien jurídico definido como un derecho real; es decir, un derecho que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas por parte del titular, con los requisitos y en conformidad a las reglas que establece el Código de Aguas.

Artículo 5°

Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente Código.

Artículo 6°

El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código. El derecho de aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quién podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley.

1.6 DATOS

1.6.1 MINAGRI

El gobierno lanza campaña para concientizar sobre la crisis hídrica en el país. (2022, 6 de enero). Ministerio de Agricultura. Chile, según los datos proporcionados por MINAGRI ha completado ya 13 años consecutivos de una intensa sequía principalmente en la zona norte y centro sur del país. Entre las regiones de Atacama y la Araucanía, se presenta el mayor problema, ya que es donde habita el 85% de la población de Chile. Las regiones que principalmente están siendo afectadas son la región de Atacama y la Región de Coquimbo, con un déficit de entre el 70% y el 80%, y la región Metropolitana con un 67%, una cifra no menor.

1.6.2 INE

Chile posee una disponibilidad de recursos hídricos per cápita de 55.640 m³, excediendo considerablemente el promedio establecido por la OCDE de 31.360 m³ /cápita. Sin embargo, este no se distribuye de forma homogénea a lo largo de nuestro país (OECD, 2017). Adicionalmente, el territorio comprendido entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano a un 30%, desde el año 2010

1.6.3 SISTEMA DE LAS NACIONES UNIDAS (SNU)

Según documento elaborado por el Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas (SNU) en Chile, identifica 7 dimensiones del problema de escasez hídrica:

- Los efectos del cambio climático
- Presiones de las actividades productivas y/o extractivas
- Brecha de gestión de recursos hídricos
- Infraestructura inadecuada para enfrentar la escasez hídrica;

- Limitaciones del marco legal actual;
- Dispersión institucional en la toma de decisiones que obstaculiza la coordinación
- Disponibilidad y uso limitado de datos para la toma de decisiones.

1.6.4 DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO / ONU

Actualmente el mundo presenta un nivel crítico de agua, las organizaciones ciudadanas en Chile están al tanto que la carencia de agua afecta tanto comunidades rurales y economías locales de todo el país, empobreciendo y provocando la migración de comunidades enteras ya sean campesinas e indígenas, todo esto llevado a cabo por empresas mineras, agroindustriales, de celulosa, papeles e hidroeléctricas. Esto pone en evidencia la actual situación del recurso hídrico y de la concentración desproporcionada de derechos de agua. Así como, la posibilidad que se les ha dado a unos pocos de usufructuar de manera desproporcionada el agua, todo esto amparado por la legislación actual chilena y el código de aguas de 1981

2 CAPÍTULO

MARCO TEORICO

2.1 HUERTO COMUNITARIO

Los huertos comunitarios, a diferencia de los huertos caseros o familiares, se definen por el entorno comunitario (social, urbano, ambiental y económico) en el que se establecen como tal. El propósito principal de este tipo de huertos no solo es la producción de productos agrícolas, sino más bien el desarrollo social de los integrantes. Conceptos tales como: equidad social, comercio justo, apoderamiento y autogestión son parte de los temas que se atienden en colaboración con el liderazgo comunitario como tal. Es necesario que la comunidad que participa del huerto sepa hacia dónde va el proyecto y que se sientan responsables del huerto.

Imagen N°6: Huerto Comunitario



Fuente: k-5impactnewsg2-3.mheducation.com

Los huertos comunitarios son planificados y llevados a la realidad por las comunidades u para las comunidades. Son proyectos que son resultado de un proceso el cual requiere principalmente la participación de las personas de la comunidad. Se busca la autogestión comunitaria ubicada dentro de la comunidad para atender problemas de su entorno social,

ambiental, económico y/o urbano todo esto a través del trabajo agrícola comunitario, con el fin de poder mejorar la calidad de vida de sus vecinos, familias y comunidades.

2.1.1 DESARROLLO DE UN HUERTO COMUNITARIO

Se desarrollan los huertos comunitarios, como tal estos espacios proveen a las personas un lugar donde poder aprender sobre la naturaleza, su proceso desde la tierra a la mesa ayuda a niños a socializar, a comer y probar distintas hortalizas, frutas, hierbas y todo tipo de alimentos saludables, ayuda a conectar más con la tierra y la naturaleza, aprender una manera nueva de generar dinero y conocimientos de la tierra. El desarrollo sustentable de huertos comunitarios mejora la calidad de vida de la comunidad, de sus visitantes, recursos naturales y a todo aquel que quiera. El concepto de desarrollo sustentable surge principalmente en respuesta al desmedido uso de recursos naturales, tales como el agua, la tierra cultivable, y el daño irreparable al ecosistema.

El desarrollo sustentable es definido por la comisión Brundtland en el 1987 como “aquel desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las presentes generaciones sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones de satisfacer sus propias necesidades.” (Organización de las Naciones Unidas, 1987)

2.1.2 BENEFICIOS DE UN HUERTO URBANO

- Facilita el acceso a alimentos de calidad y de origen orgánico sin pesticidas, mejorando la calidad de vida y salud
- Promueve la interacción entre la comunidad permitiendo que los vecinos de conozcan de una mejor manera incentivando el desarrollo de una identidad comunal
- Permite la integración de adultos mayores quienes encuentran una actividad recreativa que los mantiene activos y les permite socializar con otros grupos etarios y culturales

- Promueve una mejor salud mental, al ayudar a combatir el estrés
- Fomenta el contacto con la naturaleza y el respeto por ella
- Permite generar un núcleo educativo sobre todo para niños, quienes aprenden sobre responsabilidad, sustentabilidad desde una edad temprana
- Disminuye el efecto conocido como “isla de calor” la inercia térmica del agua hace que la tierra absorba el calor, reduciendo las fluctuaciones de temperatura
- Se convierte en un santuario urbano para insectos polinizadores
- Reduce los desechos orgánicos al ser utilizados como compostaje
- Fomenta el trabajo en equipo

2.2 DPV EN INVERNADEROS Y HUERTOS CERRADOS

En muchos sistemas de control ambiental se ha implementado el concepto de DPV, con el fin de poder administrar la humedad y programar los riegos de los cultivos.

Comúnmente los agricultores de los invernaderos o huertos, lo que prefieren hacer al encontrarse con un DPV bajo, es ventilar de la manera que puedan el invernadero, con el fin de balancear los niveles de humedad y aumentar medianamente la temperatura.

En el caso contrario, cuando el DPV es alto, se necesitan medidas para aumentar la humedad, no regando las plantas, si no que, mejorando el grado de humedad dentro del invernadero, para eso se debe empezar reduciendo la temperatura interna, desplegando mallas de sombreo, por ejemplo, ventilando con aire húmedo a menor temperatura.

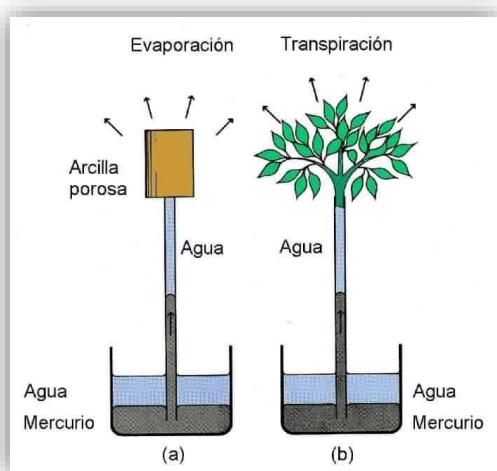
Otros métodos para bajar el DPV alto, es el riego de las calles del invernadero, nebulizar las paredes del invernadero, siempre evitando mojar el cultivo de hortalizas o plantas.

2.3 REQUERIMIENTO HIDRICO EN CULTIVOS

El requerimiento hídrico del cultivo, o requerimiento de agua, es la cantidad de agua la cual necesita para poder desarrollarse la hortaliza en cuestión, con el fin de poder garantizar su óptimo crecimiento y tamaño.

El requerimiento de agua se debe mayoritariamente, debido a la transpiración de la planta, ya que, debido a esto, la cantidad de agua que necesita la planta es mayor que la que puede almacenar y la utilizar para el proceso de fotosíntesis. Durante el crecimiento de los cultivos, el requerimiento, va a variar de acuerdo con la etapa de crecimiento en la que se encuentre el cultivo.

Imagen N°7: Uso del agua por la planta



Fuente: agrofitoymas

2.4 ETAPAS DE CRECIMIENTO EN LOS CULTIVOS

Comprender las etapas de crecimiento de las hortalizas, nos ayuda a mejorar el manejo y el cuidado que tenemos, en cada una de las fases, ya que todas estas tienen un requerimiento distinto, ya sea en los diferentes factores que la afectan, como la iluminación, temperatura, humedad, espacio, etc. El desarrollo de casi todos los cultivos puede ser dividido en tres fases: establecimiento, crecimiento rápido y endurecimiento.

1. FASE DE ESTABLECIMIENTO

Es donde se siembran las semillas, luego pasan a germinar, luego a emergencia y luego la etapa donde desarrollan las primeras hojas.

2. FASE DE CRECIMIENTO RAPIDO

Durante esta fase las plantas, y en particular sus brotes, aumentan rápidamente su tamaño.

3. FASE DE ENDURECIMIENTO

Durante la fase de endurecimiento la energía es redirigida hacia el crecimiento de la raíz en detrimento de la parte aérea. Las plantas se “endurecen”, lo que significa que se acondicionan para resistir el estrés de ser levantadas, transportadas y plantadas en el huerto.

2.5 ETAPAS DE CRECIMIENTO DE UNA PLANTA

Las etapas de crecimiento de la planta se pueden dividir en cuatro etapas principales, desde la semilla hasta la cosecha:

- Germinación (3-10 días)
- Plántula (2-3 semanas)
- Vegetativo (3-16 semanas)
- Floración (8-11 semanas)

2.6 CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA

Dentro del mundo de la agricultura existe la posibilidad del aprovechamiento de recursos de diferentes maneras, en este caso nos centraremos en un método de extracción de agua, este método llamado puntera aprovecha el agua bajo nuestro suelo, mediante el uso de bombas centrífugas, la cual extrae el agua y la lleva hacia la superficie.

Imagen N°8: Extracción de Agua - Puntera



Fuente: blog.veto.cl

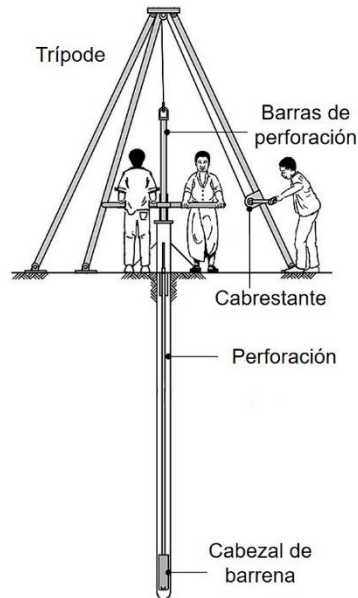
2.6.1 PUNTERA

Las punteras corresponden principalmente a una tubería metálica o de PVC de diámetros de entre 30 a 50 mm que se instalan bajo el suelo y que se conectan a la superficie en acople generalmente con un equipo hidráulico de bombeo. Este sistema generalmente se realiza mediante el uso de herramientas de diferentes tipos, casi siempre se realiza una perforación y después los métodos varían según el tipo de suelo y la profundidad de la puntera.

En este caso en concreto y al ser una puntera de baja profundidad la perforación teórica de este proyecto se realizará mediante el uso de broca manual. La perforación con broca; se hace generalmente mediante el uso de barras de acero las cuales son extensibles que van rotando o se giran de forma manual y en cuyos extremos se instalan brocas de la medida deseada, en este caso 50mm. Al igual que un mecanizado de un taladro de banco,

es necesario que, al llenarse de exceso de tierra, estas brocas se deben retirar para vaciarlas, y así realizar una perforación de manera más eficiente.

Imagen N°9: Método de perforación - Broca



Fuente: sswm.info

Las punteras perforadas pueden servir como suministro continuo de agua a bajo costo para hogares, pequeñas comunidades rurales y para sectores más urbanizados con el fin de ahorrar y realizar una inversión a largo plazo. La perforación manual es una solución al alcance de la gran mayoría de bajo costo y generalmente funciona mejor en punteras de menos de 40 metros de profundidad en suelos aluviales o formaciones rocosas blandas.

2.7 SISTEMA GENERAL Y REQUISITOS

Dentro del sistema de captación de agua llamado puntera, se introdujo en el año 2018 una nueva ley la cual contempla que en instalaciones de este tipo es necesario el uso de instrumentos de medición los cuales regulen la extracción de agua bajo suelo, esto con el fin de monitorear el consumo. Ley 20.604 promulgada el 27 de enero de 2018: El artículo 68 de esta ley señala entre otras cosas que “*La Dirección General de Aguas podrá exigir la instalación y mantención de sistemas de medición de caudales, de volúmenes extraídos*

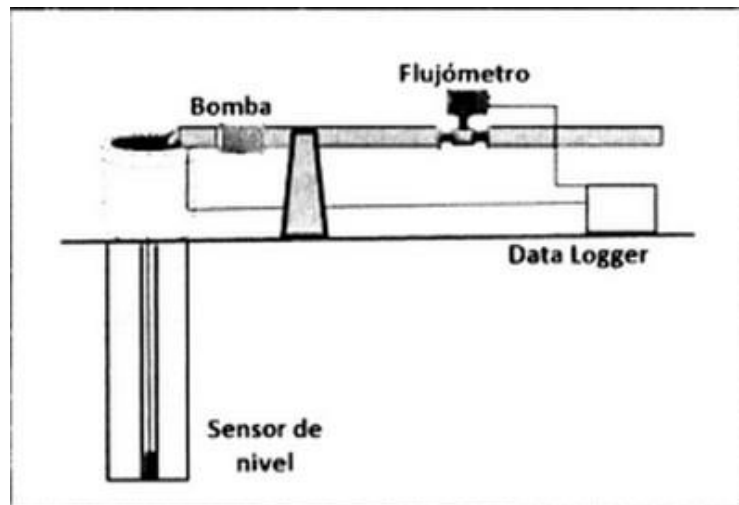
y de niveles freáticos en las obras, además de un sistema de transmisión de la información que se obtenga al respecto y requerir la información que se obtenga.”.

Esto conlleva que, para cualquier tipo de instalación, incluso para caudales muy pequeños, es necesario la instalación de algún tipo de instrumento de medición. Algunos de los principales requisitos son: Respecto de las condiciones técnicas, se establece mediante esta resolución que los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas son los responsables de instalar uno de los siguientes sistemas de medición de extracciones:

- General
- Básico
- Para caudales muy pequeños

Estas extracciones pueden estar referidas a pozos, norias, pozo zanja, puntera o cualquiera otra similar.

Imagen N°10: Esquema general del Sistema de Medición



Fuente: bcn.cl

De acuerdo con la normativa vigente, es necesario que este sistema este compuesto por un sensor para medir el caudal y el volumen extraído (Flujómetro o Caudalímetro), un sensor para medir el nivel freático (de presión, piezoresistivo, etc.), y un data logger para almacenar y respaldar cualquier dato medido en la captación de agua.

2.8 SISTEMA DE MEDICIÓN – CAUDALES PEQUEÑOS

Dado que el huerto comunitario Santa Amalia no necesita grandes cantidades de agua para subsistir, el caudal necesario no será elevado, este aspecto también es regulado por DGA Regional, en donde solamente será necesario la instalación de un flujómetro que debe cumplir las mismas exigencias que para el sistema de medición general de mayores caudales. Los titulares de derechos de aprovechamientos deberán informar el dato de caudales y volúmenes obtenido (totalizado), a través del Software de Monitoreo de Extracciones Efectivas (M.E.E.) que la DGA dispone. Para estas obras, expone la resolución, no será obligatorio instalar sensor de niveles freáticos ni Data Logger.

Los datos obtenidos deben ser enviados a la DGA, los cuales podrán ser en tres tipos diferentes:

- Online.
- Por Archivo.
- Por formulario.

Los cuales deben incluir ciertos datos y variables:

Variable	Ejemplo	Descripción
Código de la obra	OB-0501-203	Código dado por el software D.G.A. de monitoreo de extracciones efectivas cuando se registran los datos de la obra de captación
Fecha de medición	28-06-2023	Fecha de medición (dd:mm:aaaa)
Hora de medición	15:00:00	Hora de medición (hh:mm:ss), formato 24 horas y debe corresponder a la hora UTC-4 (hora oficial de Chile continental)

Totalizador (m³)	200000	Valor del totalizador del flujómetro en metros cúbicos. El valor debe ser el acumulado histórico desde el momento de instalación. Sin decimales ni separador de miles.
Caudal (l/s)	6,27	Caudal medido con flujómetro o calculado en l/s. con dos decimales.

3 CAPITULO

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

3.1.1 ALTURA DE ASPIRACIÓN

Es de importancia considerar la altura de aspiración de la bomba por que de esto depende el ANPA (NPHS)

NPHS es un concepto de la física de fluidos que por sus siglas en ingles significa “Net positive suction head” cuya traducción seria altura positiva de aspiración.

Hay dos **NHPS** distintas, el disponible y el requerido.

- **NHPS REQUERIDO:** ESTIPULADO EN LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA.
- **NHPS DISPONIBLE:** VA A DEPENDER DE LAS ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.

3.1.2 CORRECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN HIDRAULICA

- PARAMETROS A CONSIDERAR:
 - ALTURA DE IMPULSIÓN
 - CAUDAL
 - ALTURA DE ASPIRACIÓN (ANPA O NHPS)
- CALCULO DE NHPS
 - $NHPS_{requerido}$: Especificado por la bomba
 - $NHPS_{disponible}$: $H_s + H_a - H_{vp} - H_f$

3.1.3 INSTALACIÓN DE ASPIRACIÓN

- Altura manométrica (Hm): Es el calculo total para que el agua haga la elevación donde deba llegar.
- Altura de aspiración (Ha)
- Altura de impulsión (Hi)
- Perdidas de carga (ΔH)
- Altura geométrica (Hg)

3.1.4 CALCULO DEL NHSP DISPONIBLE

- $NHSP_{disponible} = H_s + H_a - H_{vp} - H_f$
- H_s = Presión estática del fluido.
- H_{vp} = Presión del vapor
- H_f = Perdidas debido a la sección de aspiración

Se considera una temperatura del agua de 20° y una presión de 1 atm.

Imagen N°11: Tabla disminución de la presión atmosférica.

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
500	1640	9.73	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	73.81	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.02
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Fuente: 1library.c

- H_s = Presión estática del fluido
- $H_s = 10,33\text{m}$

Imagen N°12: Tabla Presión de Vapor

Tabla: presión de vapor y carga de presión de vapor del agua (cálculo de la carga de succión neta positiva).

Temperatura °C	Presión de vapor KPa (abs)	Peso específico (KN/m ³)	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

Fuente: Scribd

- Se considera una temperatura del agua de 20°
- $H_{vp} = 0,2388\text{m}$
- H_f = Perdidas de la tubería de aspiración.
- H_f = Perdidas debido a la longitud de la cañería + Perdidas codos 90° + Válvula.
- $H_f = 17\text{m}$ de cañería + 3 codos de 90° + Válvula antirretorno
- H_f = Debido a la longitud de la cañería
- Es necesario verificar el diámetro de entrada de la bomba a utilizar, en este caso 1" (25,4 mm) y un caudal de:
- CÁLCULO DE CAUDAL

VOLUMEN DEL TANQUE DE AGUA A UTILIZAR: 2000 l = 2 m³

$$Q = V/T$$

$$Q = \text{Caudal}$$

$V = \text{Volumen}$

$T = \text{Tiempo}$

- Se asume que un tiempo prudente de bombeo es de 100 min:

$$Q = \frac{2000}{100} = 20 \text{ l/min} = 1.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Imagen N°13: Perdidas por fricción

Caudal (m3/h)	Pérdidas (en metros por cada 100 metros)							
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
1.14	7.7	2.4	0.6	0.3	0.1			
2.27	27.8	8.6	2.3	1.1	0.4			
3.40	56.6	18.3	4.8	2.2	0.8			
4.55	99.5	30.8	8.1	3.9	1.3			
5.68		46.9	12.1	5.7	2.0	0.7	0.3	
6.80		65.2	16.9	8.1	2.8	1.0	0.4	
7.95		87.0	23.9	10.8	3.8	1.3	0.5	
9.10		111.5	29.5	13.8	4.8	1.6	0.7	
10.2			35.0	17.0	6.0	2.0	0.8	
11.4	5"		44.0	20.8	7.3	2.5	1.0	0.2
13.6			62.3	29.0	10.2	3.4	1.4	0.3
15.9			82.8	38.2	13.6	4.5	1.9	0.4
17.0			44.0	15.4	5.1	2.1	0.5	0.5
18.2	0.2		49.8	17.4	5.8	2.4	2.4	0.6
20.4		6"		61.7	21.7	7.3	3.0	0.7
22.7	0.3			75.2	26.2	8.8	3.7	0.9
28.4	0.4		8"		39.3	13.1	5.4	1.3
34.1	0.5				55.4	18.3	8.0	1.8
39.8	0.8	0.2				24.3	10.1	2.5
42.0	0.9	0.3		10"		27.3	11.3	2.7
45.4	1.1	0.4	0.1			31.8	13.1	3.2
56.8	1.6	0.7	0.2				19.5	3.6
62.4	1.9	0.8			12"		23.1	5.7
68.2	2.3	0.9					27.7	6.8

Fuente: Scribd

- Según la tabla, y usando regla de 3 simple, nos da un aprox. de 2,53 m (cada 100 m)

$$2.53 \text{ m} \rightarrow 100 \text{ m}$$

$$X_m \rightarrow 17 \text{ m (Longitud tubería)}$$

$$\chi = \frac{2.53m \times 17m}{100m} = 0.4m$$

- Perdidas en 17m de tubería de un total de 0,4m.

Imagen N°14: Factor Material

Los valores de la tabla corresponden a agua limpia en cañería nueva de hierro. Para cañerías viejas de hierro, multiplicar los valores de tabla por 1,33. Para los distintos tipos de cañerías, dichos valores deben ser multiplicados por los factores detallados a continuación:

- Acero laminado nuevo : 0,8
- Acero arrugado : 1,25
- Fibrocemento : 1,25
- Aluminio : 0,7
- P.V.C. : 0,65
- Hidrobronz : 0,67

Fuente: Scribd

- $H_{flogn} = 0,4 * 0,65$ (Factor P.VC) = 0,26 m
- Procedemos a añadir las perdidas producidas por los codos y válvula antirretorno.

Imagen N°15: Perdidas fricción accesorios

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS
(LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIÁMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales		 Válvula esclusa totalmente abierta	 Válvula globo totalmente abierta	 Válvula ángulo totalmente abierta	 Válvula de retención	 Codo normal o Te de 6 mm de reducción	 Curva normal o Te normal	 Te normal
mm.	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,30	1,00
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 1/2	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,60	—	6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70	—	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80	—	9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00	—	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10	—	12,81	8,24	26,84

Fuente: Scribd

0.52 m → 100 m

$X_m \rightarrow 0.52$ m (Longitud tubería)

$$\chi = \frac{0.52m \times 2.53m}{100m} = 0.013m$$

- $H_{fcodo} = 0,52 \text{ m} * 2.53/100 = 0.013m * 4 \text{ codos} = 0,052 \text{ m}$
- Procederemos a sacar las perdidas de carga de la válvula de retención o antirretorno:

Imagen N°16: Perdidas fricción accesorios

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS
(LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIAMETRO EN METROS)

Diámetro nominal de los caños normales		 Válvula esclusa totalmente abierta	 Válvula globo totalmente abierta	 Válvula ángulo totalmente abierta	 Válvula de retención	 Codo normal o Te de 6 mm de reducción	 Curva normal o Te normal	 Te normal
mm.	Pulg.							
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,30	1,00
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 1/2	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,60	—	6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70	—	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80	—	9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00	—	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10	—	12,81	8,24	26,84

Fuente: Scribd

- Según la tabla, el valor sería 2,44 m de altura de columna de agua de la tubería de 1"

$$2.44 \text{ m} \rightarrow 100 \text{ m}$$

$$X_m \rightarrow 2.44 \text{ m (Longitud tubería)}$$

$$\chi = \frac{2.44m \times 2.53m}{100m} = 0.061m$$

- Hf válvula de retención o antirretorno = 0,12 m+
- PERDIDAS TOTALES
 - Hf = Perdidas de la tubería de aspiración total
 - Hf = Perdidas de la tubería = 0,26m
 - Hf = Perdidas debido a un codo (4 Ud.) = 0.013m
 - Hf = Perdidas debido a válvula antirretorno = 0,12 m
 - Hf = 0,26m + 0.013m + 0,12 m = 0.393 m
 - NHPSdisponible: Hs + Ha – Hvp – Hf

- CALCULO NPHS DISPONIBLE

- NPHSdisponible: $H_s + H_a - H_{vp} - H_f$
- NPHSdisponible: $10,33 \text{ m (1 atm)} - 3 \text{ m} - 0.2388 - 0.393 \text{ m}$
- NPHSdisponible: 6.69 m

3.1.5 NPSHdisponible v/s NPSHrequerido

- NPSHdisponible = Depende de nuestra instalación, del fluido y la temperatura.
- NPSHrequerido = Es el que nos entrega la bomba que requerimos.

Para que nuestra instalación sea eficiente y tenga un buen diseño, necesitamos cumplir estas características:

$$NPSHdisponible > 1,1 * NPSHrequerido$$

$$\frac{NPSHdisponible}{1.1} > NPSHrequerido$$

$$\frac{6.69 \text{ m}}{1.1} > NPSHrequerido$$

$$NPSHrequerido < 6.08$$

- PARAMETROS DE LA BOMBA REQUERIDA

- ALTURA DE IMPULSIÓN: Mas de 30 m
- CAUDAL: $(1.2 \text{ m}^3/\text{h} = 1200 \text{ l/h})$
- DIAMETRO DE ASPIRACIÓN: 1"
- NPHS: MENOS QUE 6.08m

- BOMBA SELECCIONADA

Imagen N°17: BOMBA REGGIO STM 100T 1HP 380V 2.3AMP 1 X 1P



Fuente: www.hidrotecnic.cl

- Según los cálculos obtenidos para este diseño, se escoge la bomba de 1hp REGGIO, la cual cumple las características necesarias.

Imagen N°18: Comportamiento hidráulico BOMBA REGGIO STM 100T

COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

TIPO		POTENCIA NOMINAL		POT. ABS.	In (Ampere)		Q = CAUDAL										
Monofase	Trifase	P2		P1	Monofase	Trifase	m³/h	0	2,4	4,8	7,2	9,0	10,2	10,8	12	15	18
230V-50 Hz	400V-50Hz	HP	kW	kW	1 x 230V	3 x 400V	l/min	0	40	80	120	150	170	180	200	250	300
Altura manométrica total																	
STM 100	STM 100 T	1,0	0,75	1,2	5,8	2,3		33	30,5	25	15,5						
STM 150	STM 150 T	1,5	1,1	1,95	9	3,5		40	40	36,5	30	20					
STM 200	STM 200 T	2,0	1,5	2,6	12	4,8		47,5	46	41,5	33,5	24	16				
STM 300	STM 300 T	3,0	2,2	3,1	13,6	5,2		53	51,5	47	40	33	24	19,5			
STM 400	STM 400 T	4,0	3,0	4,2	18	7,8		48,5	48,5	48	47	46	45	44	42	38	32
-	STM 550 T	5,5	4,0	5,4	-	10,2		61	61	60,5	59,5	59	58,5	58	57	54	49,5

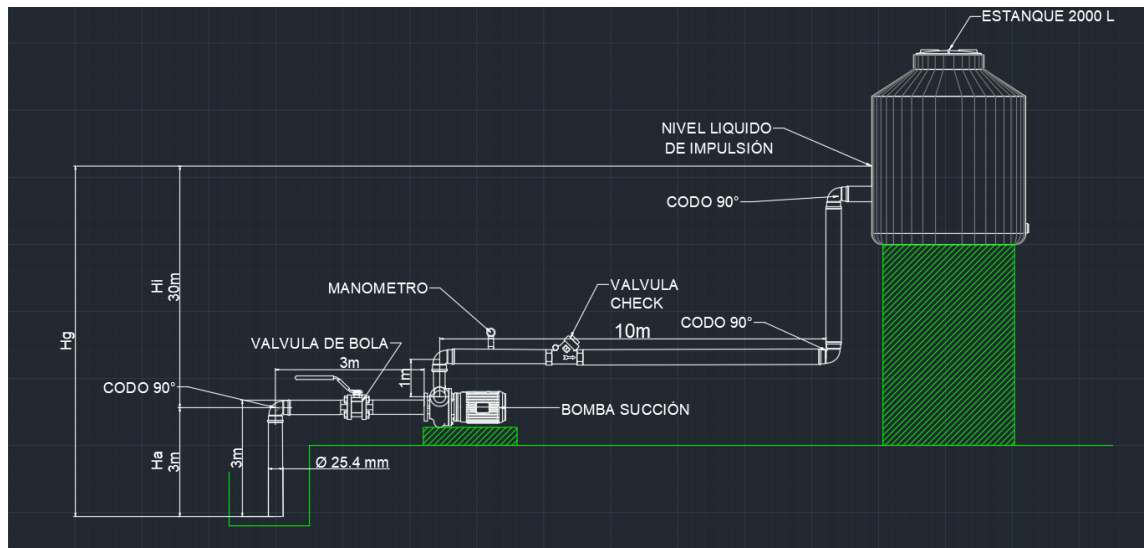
Tolerancias según ISO 9906:2012

Fuente: www.hidrotecnic.cl

- La cual posee un caudal a una altura manométrica de 30,5m de $(2.4 \text{ m}^3/\text{h} / = 2400 \text{ l/h})$ el cual supera a lo necesario de $(1.2 \text{ m}^3/\text{h} / = 1200 \text{ l/h})$.

3.1.6 LAYOUT BOMBA

Imagen N°19: Layout Bomba



Fuente: AutoCAD – Elaboración propia

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

En el siguiente capítulo, se dará a conocer de manera teórica el funcionamiento, diseño y las principales características del proyecto del sistema de irrigación por goteo automatizado para el taller “Huerto Orgánico Santa Amalia”.

- Uno de los principales objetivos es implementar en el Huerto Santa Amalia, un sistema que, junto con la automatización y varios procesos, se logre optimizar el uso del agua y se reducirá su costo a fin de mes, recurso escaso en estos días, a la par de obtener una mejor calidad de hortalizas, y un aumento significativo en la producción de estas.
- Lo que se quiere lograr con esto, es poder tener una eficiencia en el riego baso en las condiciones climáticas óptimas para las hortalizas, aprovechando al máximo el agua suministrada, en este prototipo se establecerán condiciones, de temperatura,

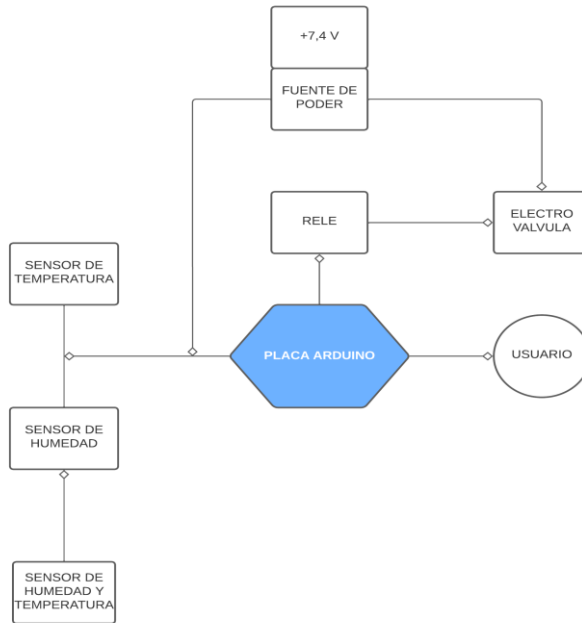
humedad del suelo, con estas dos variables se hará o no efectivo el riego. Si una de estas condiciones no se cumplen simplemente la electroválvula no se abrirá.

- Los datos suministrados por los sensores serán registrados por el microcontrolador Arduino y podrán ser visualizados por el usuario, mediante una interfaz simple e intuitiva.
- El sistema que se quiere instalar es un sistema prototipo, basado principalmente en la plataforma programable Arduino, recopilando datos y programaciones, podemos lograr la teórica instalación o planificación para el Huerto Santa Amalia. Con este sistema se pretende poder lograr optimizar las variables más importantes dentro del huerto para que las hortalizas y vegetales estén en óptimas condiciones, una de las principales variables, sería el nivel de humedad del suelo, está la mediremos principalmente usando un sensor de humedad, el cual al detectar que el suelo está bajo el nivel recomendó para la hortaliza, procederá a enviar la lectura a Arduino, y este dará la orden a otro de los componentes, una de ellas es una llave de paso electromecánica, la cual se abrirá y dará paso al agua vía el sistema de riego por goteo, este dará la cantidad de agua necesaria para que el sensor lo lea y llegue a la humedad optima, el cual enviara la nueva lectura a Arduino y este ordenara a la llave de paso electromecánica, la cual cortara el suministro de agua hasta que la humedad vuelva a bajar.

3.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Presentación de la estructura principal del sistema a diseñar, representado mediante el uso de un diagrama de bloques.

Imagen N° 20: Diagrama de bloques de la arquitectura del sistema



Fuente: Elaboración Propia

Detalle de los componentes del Diagrama de Bloques:

- **Controlador:** Elemento principal del sistema, el cual controla y distribuye las órdenes y las lecturas de los sensores, luego los digitaliza y los envía al usuario.
- **Sensores:** Elemento el cual se encarga de captar las condiciones climáticas del huerto, en este caso, temperatura y humedad del suelo.
- **Actuadores:** Interfaz por la cual se realiza el riego, en este caso la electroválvula actuada por Arduino.
- **Comunicación:** Elemento con el cual el usuario se comunica con Arduino.
- **Usuarios:** Encargados de iniciar y programar el sistema, los que visualizan y los datos y la óptima funcionalidad del sistema automatizado.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

DISEÑO DEL HARDWARE

Descripción de los componentes electrónicos utilizados en la implementación del sistema de riego por goteo, en la cual se detalla su principal función y sus principales características.

3.4.1 PLACA ARDUINO NANO

Arduino Nano es una placa de desarrollo de tamaño compacto, completa y compatible con protoboards, basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio.

Posee las mismas capacidades que un Arduino UNO, tanto en potencia del microcontrolador como en conectividad, solo se ve recortado en su conector USB, conector Jack de alimentación y los pines cambia un formato de pines header.

ARDUINO NANO

- Microcontrolador: ATmega328P.
- Velocidad de reloj: 16 MHz.
- Voltaje de trabajo: 5V.
- Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios.
- PinOUT: 14 pines digitales (6 PWM) y 8 pines analógicos.

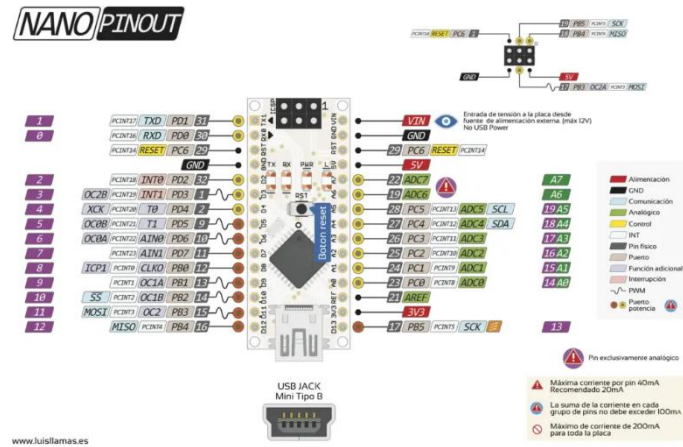
Imagen N°21: Placa Arduino I



Fuente: upload.wikimedia.org

- 1 puerto serie por hardware.
- Memoria: 32 KB Flash (2KB para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom

Imagen N°22: PinOUT Arduino Nano

Fuente: arduino.cl/arduino-nano

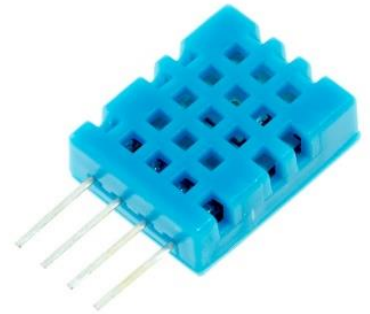
3.4.2 SENSOR DE AIRE Y HUMEDAD (DHT22/DHT21)

El DHT11/12 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de censado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16*12*5 mm

Imagen N°23: Sensor de Aire y Humedad (DHT22/DHT21)



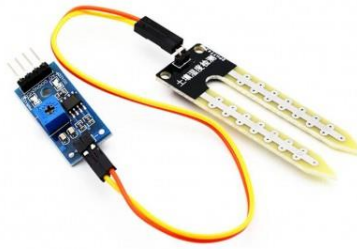
Fuente: roboticatecnociencia.cl

3.4.3 SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO – S. CAPACITIVO DE HUMEDAD YL – 69 & SONDA YL-69

Este sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo, mediante la aplicación de una pequeña tensión entre los terminales del módulo YL-69, que trae consigo la circulación de una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo y que, a su vez, está directamente relacionada con humedad. Por lo tanto, al aumentar la humedad la corriente crece, y al bajar, la corriente disminuye.

Este producto está compuesto por una sonda YL-69 con dos terminales separados adecuadamente, y un módulo YL-38 que contiene un circuito integrado comparador LM393 SMD (de soldado superficial) muy estable, un led de encendido y otro de activación de salida digital.

Imagen N°24: S. Capacitivo de Humedad YL – 69 & sonda YL-69



Fuente: proserquisa.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

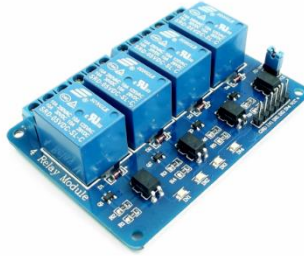
- Tensión de Alimentación Vcc: 3.3v / 5v.
- Doble Salida: Análoga de rango 0v a Vcc
- Digital de salida binaria 0/1 On/Off ajustable por potenciómetro
- Basado en el Circuito Integrado LM393.
- Incluye LED de encendido y LED en salida digital
- Dimensión del Módulo YL-38: 30mm x 16mm
- Dimensión del Módulo YL-69: 60mm x 30mm

3.4.4 MÓDULO RELÉ DE 4 CANALES (RELAY 4CH 5VDC)

Permite controlar el encendido/apagado de equipos de alta potencia (electrodomésticos). Funciona perfectamente con Arduino, Pic o cualquier otro sistema digital.

Principalmente será usado para controlar la electroválvula encargada del sistema de riego por goteo. Por lo tanto, es necesario utilizar Relays o Relés, ya que estos dispositivos permiten controlar cargas de alto voltaje con una señal pequeña.

Imagen N°25: Módulo Relé De 4 Canales (RELAY 4CH 5VDC)



Fuente: candy-ho.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V)
- N.º de Relays (canales): 4 CH
- Modelo Relay: SRD-05VDC-SL-C
- Capacidad máx: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- Corriente máx: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Entradas Opto acopladas
- Indicadores LED de activación

3.4.5 VÁLVULA SOLENOIDE

3.4.7 MB102 FUENTE ALIMENTACIÓN 3.3 V/5 V PARA PLACA ARDUINO

Adaptador para conectar Arduino a una fuente de alimentación externa.

Imagen N°28: MB102 Fuente Alimentación 3.3 V/5 V



Fuente: articulo.mercadolibre.cl

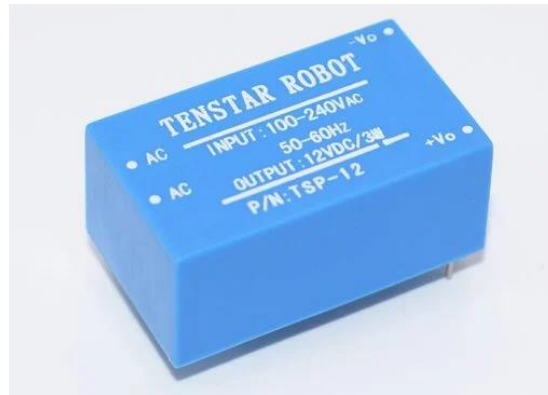
CARACTERÍSTICAS:

- Breadboard módulo de alimentación, compatible con 5 V, 3.3 V aplicar para MB102 breadboard.
- voltaje de entrada: 6.5-12 V (DC) o fuente de alimentación USB
- tensión de salida: 3.3 V/5 V puede conmutar
- corriente de salida máxima: < 700 ma
- la fluctuación de dos carreteras de control independiente puede cambiar a 0 V, 3.3 V, 5 V a bordo de dos grupos de 3.3 V, 5 V DC clavija de salida,

3.4.8 MÓDULO TRANSFORMADOR 220V AC A 12V DC

Módulo que convierte de 100-240v AC a 12v DC

Imagen N°29: Módulo Transformador 220V AC A 12V DC



Fuente: articulo.mercadolibre.cl

CARACTERÍSTICAS

- Voltaje de Entrada: 100 a 240V AC
- Voltaje de Salida: 12V DC
- Frecuencia de trabajo: 50 a 60 Hz
- Potencia: 3W
- Corriente Máxima: 250mA
- Tamaño: 34 x 20 x 15 mm

3.5 DISEÑO DEL SOFTWARE

ENTORNO DE DESARROLLO

Existen distintos tipos de aplicaciones, programas, etc., con el cual podemos usar la placa Arduino UNO y programarla, nosotros usaremos el programa IDE de Arduino y el

programa ThinkerCAD, los cuales los usaremos y los complementaremos, los dos son programas flexibles y con una amplia librería.

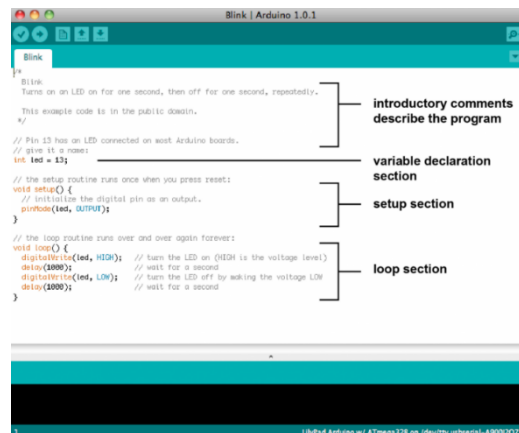
Un programa diseñado para Arduino sigue una estructura básica que siempre se compone de tres secciones:

La sección de declaraciones variables globales: ubicada directamente al principio del sketch. La sección llamada “void setup ()”: delimitada por llaves de apertura y cierre. La sección llamada “void loop ()”: delimitada por llaves de apertura y cierre.

Las instrucciones escritas dentro de la sección “void setup ()” se ejecutan una única vez, en el momento de encender (o reiniciar) la placa Arduino.

Las instrucciones escritas dentro de la sección “void loop ()” se ejecutan inmediatamente después de las secciones “void setup ()” de manera infinita, hasta que se interrumpe la alimentación de la placa o se reinicia. Esto significa, que el código en la sección “void loop ()” se ejecuta completo desde la primera línea de código hasta la última, y una vez alcanzada esta, empieza nuevamente desde la primera línea de código, y así una y otra vez. Por lo tanto, las instrucciones en la sección “void setup ()” se utilizan para realizar configuraciones en la placa, es decir, establece cuáles serán los pines de entrada o salida, configurar parámetros como velocidad o frecuencias, y todos los demás acuerdos necesarios para poder establecer todas las compatibilidades con nuestro hardware complementario.

Imagen N°30: Entorno de IDE Arduino Nano



Fuente: aprendiendoarduino.wordpress.com

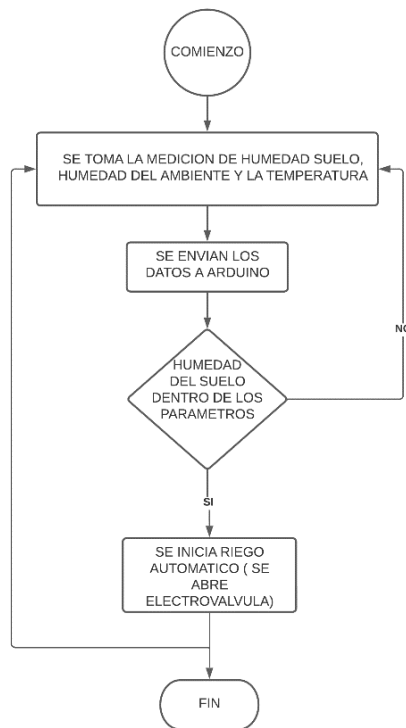
3.6 ALGORITMO

Este sistema, está basado principalmente en un algoritmo estructurado de la siguiente manera:

Comienzo.

- Se inician las primeras mediciones del suelo, mediante el uso del sensor de humedad.
- Se clasifica el dato tomado mediante el sensor de humedad.
- Se comienzan a tomar lecturas de la humedad relativa, y de temperatura.
- Mediate las lecturas, si llegan a tener cierta cifra, se abrirá la electroválvula la cual hará que baje mediante las líneas el agua, y regara las hortalizas
- La electroválvula se desactivará después de 5 min, luego se continua el monitoreo.

Imagen N°31: Diagrama de flujo del algoritmo para utilizar Arduino



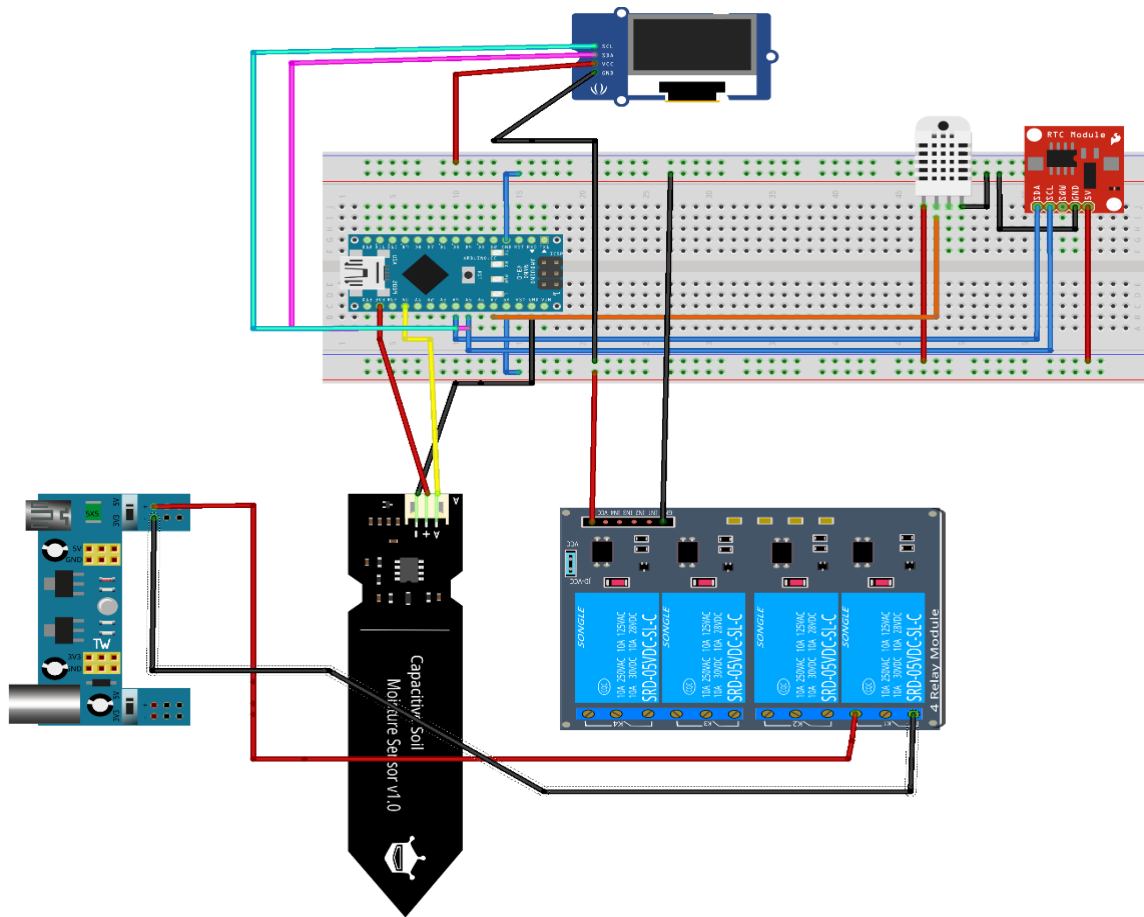
Fuente: Elaboración Propia.

3.7 DISEÑO DEL CIRCUITO (FRITZING)

SISTEMA COMPLETO

Se mostrará a continuación la simulación 3D de nuestro circuito usado para el sistema de riego automatizado, fue realizado en el programa libre Fritzing.

Imagen N°32: Diseño del circuito en el programa FRITZING



Fuente: Elaboración Propia mediante el programa Fritzing.

fritzing

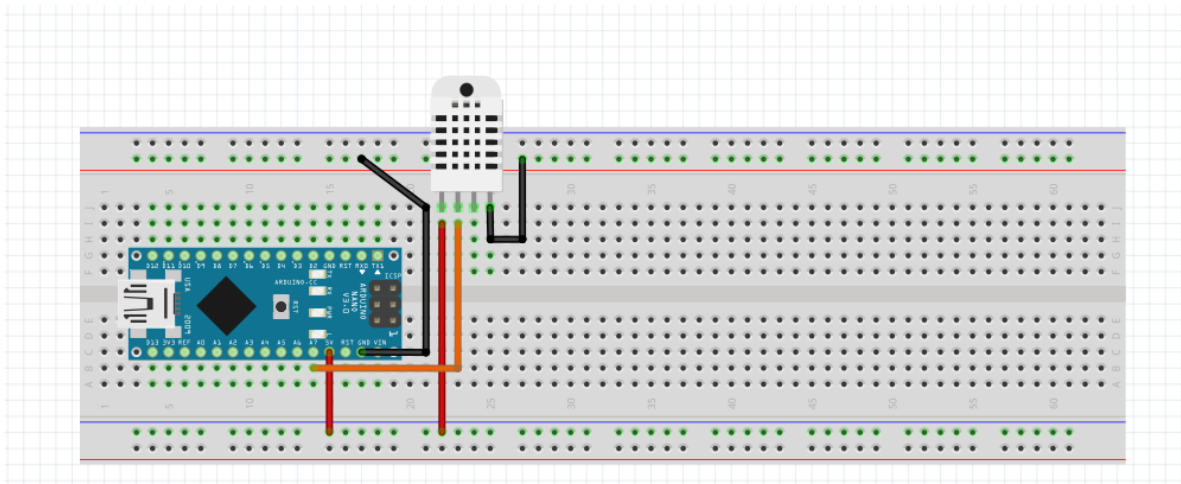
3.8 CONEXIONES DETALLADAS

A continuación, se dan a conocer el detalle de cada una de las conexiones, de sensores, actuadores, etc. Con esto se espera que sea una mejor forma de dar a conocer nuestro proyecto y se logró que el público entienda su funcionamiento básico.

3.8.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Se muestran las conexiones correspondientes al sensor de temperatura y humedad ambiente DHT22. Conectado a Arduino mediante un pin de dato hasta un pin digital en Arduino, en este caso el A7, aparte de esto el sensor está conectado a los pines VCC Y GND que en este caso sería la corriente y la tierra.

Imagen N°33: Conexión del sensor de temperatura (FRITZING)

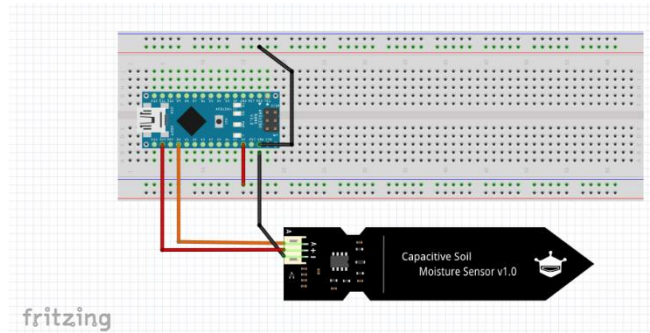


Fuente: Elaboración Propia

3.8.2 SENSOR CAPICITIVO DE HUMEDAD DEL SUELO

Sensor capacitivo anticorrosivo utilizado principalmente para medir la humedad del suelo, sensor que dentro de sus funciones esta producir una tensión en el pin A, la cual es inversamente proporcional a la humedad del suelo, dependiendo de la cantidad de hortalizas, dependerá el número de sensores. Nuestro usara las siguientes conexiones: A0 de Arduino al pin A del sensor. Además de la conexión de los pines de VCC y GND a los pines correspondientes de Arduino para el suministro de alimentación eléctrica.

Imagen N°34: Diagrama de conexión; Sensor capacitivo de humedad

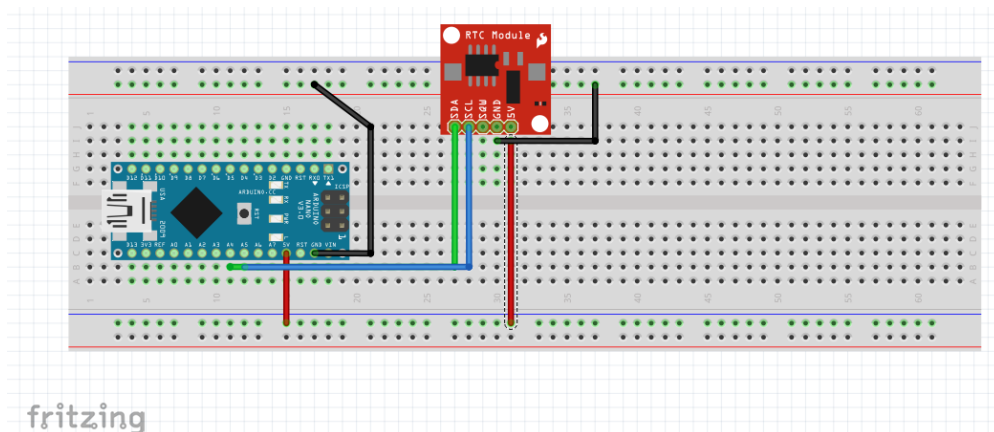


Fuente: Elaboración Propia

3.8.3 REAL TIME CLOCK (RTC)

Sistema utilizado en caso de cortes de corriente, conectado a Arduino para poder guardar pre-ajustes y programaciones en caso de corte de energía eléctrica. SDA Y SCL conectados a Arduino a A4 Y A5 correspondientemente y la conexiones VCC y GND a los pines correspondientes para el suministro de alimentación eléctrica.

Imagen N°35: Diagrama de conexión; REAL TIME CLOCK (RTC)



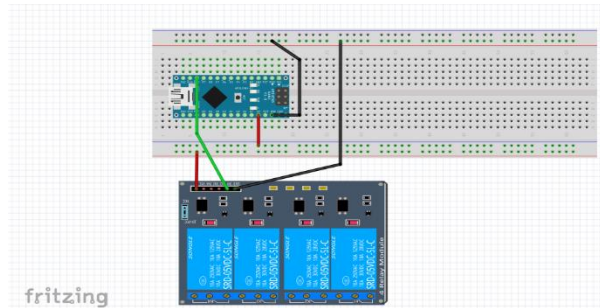
Fuente: Elaboración Propia

3.8.4 RELE

Los relés son elementos electrónicos, que cuentan con un pin de activación este funciona con lógica inversa, esto que quiere decir, es que la bobina es excitada, esto que significa,

que esta activado el relé con un bajo nivel de tensión, llamado también 0 lógico, para que el relé se considere activado, este debe tener una tensión de nivel alto con un 1 lógico. Aparte de esto el sensor está conectado a los pines VCC Y GND que en este caso sería la corriente y la tierra.

Imagen N°36: Diagrama de conexión; RELE

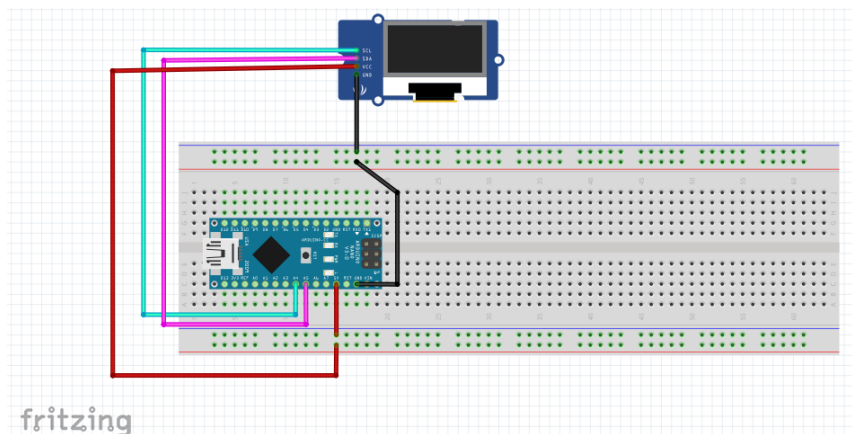


Fuente: Elaboración Propia

3.8.5 LCD

El dispositivo LCD es principalmente utilizado para visualizar la información y los datos de las variables entregados por los diferentes sensores conectados a Arduino. La comunicación de datos entre el dispositivo LCD y Arduino se realiza mediante protocolo I2C. SDA con pin A4 de Arduino, SCL con pin A5 de Arduino, Aparte de esto el LCD está conectado a los pines VCC Y GND que en este caso sería la corriente y la tierra.

Imagen N°37: Diagrama de conexión; LCD



Fuente: Elaboración Propia

4 CAPITULO

ESTUDIO TECNICO DE PREFACTIBILIDAD

4.1 OBJETIVOS ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

- Se quiere realizar un estudio técnico de prefactibilidad a un proyecto de huerto comunitario, el cual está ubicado físicamente en Lirquen.
- Analizar la factibilidad técnica de procesos que mejoren la recolección, producción, extracción y almacenamiento de agua.
- Analizar los posibles pros y contras de la automatización dentro del cultivo, y ver si el valor del tomate cultivado en el huerto urbano es un precio competitivo dentro del mercado.

4.2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO “HUERTO URBANO”

Actualmente Chile se encuentra en una época de sequía en la cual el agua es un recurso escaso, es cada vez más difícil de encontrar en estado puro o potable para el consumo humano, por eso es por lo que queremos encontrar un punto de apoyo en este proyecto para que la gente pueda obtener productos de la tierra utilizando la mínima cantidad de agua.

La extracción de agua de punteras es uno de los métodos de extracción que se quiere incorporar al proyecto, el cual mediante una bomba de 1,5 hp hará que un estanque acumule el agua necesaria para poder ser dosificada mediante la incorporación de un sistema de riego automatizado (Arduino).

Mediante el uso de invernaderos, se quiere cubrir una superficie total de 400 m², el cual produciría un aproximado de 60.000 kg por cosecha, el cual sería una buena fuente de ingreso para el huerto urbano, obteniendo así una gran capacidad para poder modernizarse más adelante, reinvertiendo el dinero que saldrá de las cosechas.

4.3 REFERENCIAS

- Las instalaciones del Huerto Comunitario Santa Amalia se encuentran en el sector de Lirquen.
- La inversión realizada será mínima, se solicitará un crédito \$5,041,263, el crédito será la inversión inicial para este proyecto, se espera poder hacer este dinero redituable y que este dinero sea pagado mediante las cosechas próximas de tomate.
- El principal producto que se quiere cultivar es el tomate, un producto que posee variedad de utilidades y que es muy polivalente.

4.4 METODOLOGIA

- Se realiza un análisis de precio de ventas a lo largo del país del producto a cultivar (tomates).
- Se realiza un estudio de costos asociados a los insumos, herramientas, mano de obra, e infraestructura.
- Investigación de fuentes confiables, se realiza investigación de precios de mercado, datos de vendedores en ferias de la zona, productores de mayor escala, etc.

4.5 MODELO CANVAS

Imagen N°38:

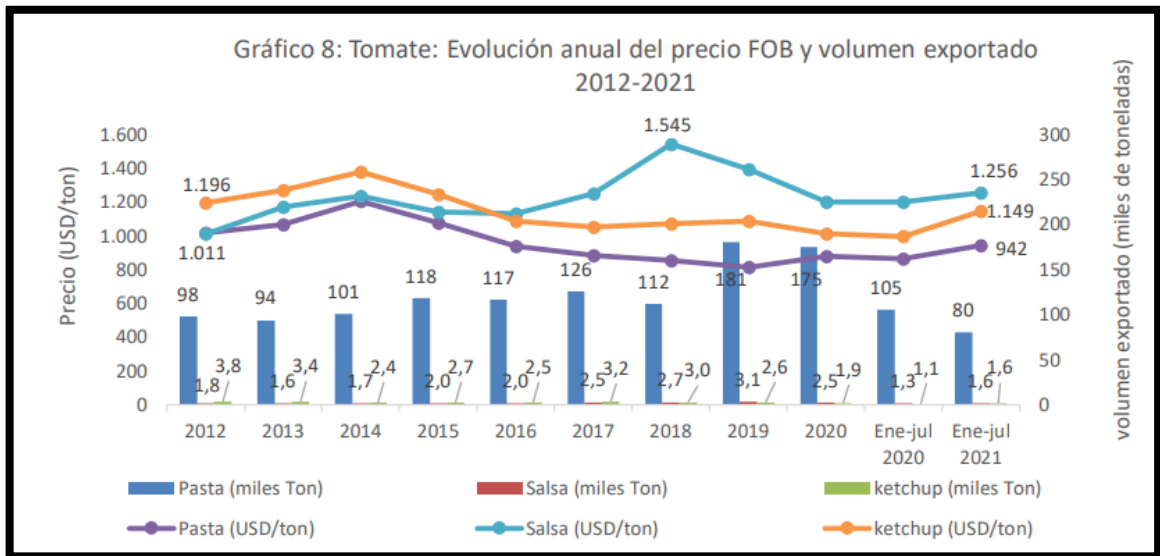
SOCIOS CLAVE	ACTIVIDADES CLAVE	PROPUESTAS DE VALOR	RELACIÓN CON LOS CLIENTES	SEGMENTOS CLIENTES
FERIANTES ALMACENES DE BARRIO RESTAURANTES	VENTA DE TOMATES	TOMATES DE GRAN CALIDAD PLANTACIÓN ECOLOGICA CUIDADO DEL RECURSO HIDRICO CREAR LAZOS DENTRO DE LA COMUNIDAD	EN EL HUERTO COMUNITARIO REDES SOCIALES CORREO ELECTRONICO TELEFONO	PYMES DEL SECTOR NEGOCIOS LOCALES SUPERMERCADOS
	RECURSOS CLAVE	CREACIÓN DE NUEVOS PUESTOS DE TRABAJO EN LA COMUNIDAD	CANALES	
	MATERIA PRIMA			
	COMUNIDAD DEL HUERTO URBANO			
	PYMES ASOCIADAS			
	TRANSPORTE			
ESTRUCTURA DE COSTES		FUENTES DE INGRESOS		
SALARIO DE LOS EMPLEADOS		HUERTO COMUNITARIO		
ADQUISICIÓN DE ESTRUCTURAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.		TIENDAS DE ALREDEDORES (NEGOCIOS LOCALES, SUPERMERCADOS, RESTAURANTES, ETC.)		
TRANSPORTE DE PRODUCCIÓN		REDES SOCIALES		

Fuente: Elaboración Propia

4.6 ANALISIS OFERTA

La producción nacional de tomates, en promedio, se destina principalmente en un 90% a un proceso y un 10% a consumo fresco, siendo ambos mercados totalmente distintos. El mercado industrial de tomates se concentra principalmente en 3 industrias, la empresa procesadora Iansa, Sugat y Agrozzi, las cuales procesan prácticamente todo el tomate industrial de Chile y cuyo destino es para la producción de salsas, pasta de tomate, concentrado, y ketchup. Las empresas compran la producción primaria, utilizan la modalidad de agricultura de contrato, comprando la producción previa a la siembra de los productores externos a la empresa, este sistema da mayor seguridad al comprador y al vendedor de la materia prima

Imagen N°39: Tomate: una especie de exportación



Fuente: Elaborado por Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas.

La producción de pastas se destina principalmente a mercados internacionales. De la producción nacional de tomate industrial, se calcula que un 25% se destinaran al mercado interno y el 75% restante sería para exportación, donde se ven volúmenes en crecimiento de envíos en el último tiempo.

Tomate: una especie de exportación. Gob. Cl. Retrieved Noviembre 23, 2023

El año 2012 se exportaron 98 mil toneladas de pasta de tomate, a un precio medio de USD 1.018 FOB por tonelada, en 2019 se alcanzó un máximo de 181 mil toneladas exportadas y el año 2020 este volumen fue de 175 mil toneladas y el precio alcanzó USD 882 por tonelada de pasta de tomate. El crecimiento medio en el volumen de pasta de tomate exportado para los últimos 5 años (TCPA5) fue de 8,2%. Entre enero y julio de 2021, se ha exportado 80% del volumen enviado al exterior a igual fecha del año anterior

4.7 ANALISIS DE LA DEMANDA

Actualmente la demanda de tomates en Chile va en crecimiento, las exportaciones de pastas de Chile se están destinado principalmente a Argentina, donde en el año 2020 se enviaron un total del 22% del volumen total de pastas exportadas, a un precio FOB promedio anual de USD 867 por tonelada, 11% se envió a Japón a un precio FOB de USD

951 por tonelada, y el resto se exportó a otros 54 destinos, a un precio promedio de USD 880 FOB por tonelada.

El año 2020 Chile exportó 2.461 toneladas de salsa y 1.871 de ketchup al mundo, a un precio FOB promedio anual de USD 1.200 y USD 1.012 respectivamente. El 99% tuvo como destino países de América del Sur. Sin embargo, para abastecerse Chile debe importar 32 mil toneladas de salsa de tomate a un precio CIF de USD 860 por tonelada, donde 35% de ese volumen proviene de China.

Actualmente el mercado nacional de tomate fresco, a diferencia del tomate procesado, se caracteriza principalmente por ser un mercado con un menor grado de formalidad, en el cual el “Huerto Urbano Santa Amalia” encaja perfectamente, lo productores de este tipo de negocio, generalmente deciden su producción de acuerdo a la experiencia de los años anteriores. Este mercado tiene muchos productores, los cuales se conectan con muchos compradores potenciales, desde los grandes mercados mayoristas y supermercados, pasando por los nichos más específicos, como el sector de los hoteles-restaurantes-casinos, hasta la venta directa al consumidor mediante puestos en ferias, pequeños negocios de barrios y últimamente la venta directa al consumidor mediante e-commerce.

4.8 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA

Activos principales del proyecto Huerto Comunitario Santa Amalia:

Imagen N°40: Tabla costos de equipos.

VALOR BOMBA	\$ 457,704
VALOR ESTANQUE	\$ 260,135
VALOR TUBERIA	\$ 533,180
VALOR DE SEMILLAS	\$ 90,400
VALOR INVERNADERO	\$ 4,960,160
TOTAL	\$6,301,579

Fuente: Elaboración Propia

4.1 DETERMINACIÓN DE INGRESOS

En términos contables un ingreso es una entrada de dinero que se produce como consecuencia de nuestra actividad, la cual en este caso es la venta del tomate producido en 400 m2 de terreno, en el cual se desarrollaran nuestras actividades.

Imagen N°41: Tabla de Ingresos: Cosecha Ideal

PRODUCTO	VALOR COMERCIAL (KG/\$)	CANTIDAD DE VENTA (KG)	INGRESO AL AÑO
TOMATES	\$280	6160	\$1,724,800

Fuente: Elaboración Propia

4.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS

En este apartado se detalla a profundidad los costos relacionados a la mano de obra, costos de transporte, mantenimiento y mano de obra, además del uso de maquinarias para poder realizar de manera correcta el proceso productivo.

Dentro de las tablas se detallan los meses en los cuales se realizan los respectivos enunciados de la tabla, ya sea riego, poda o transporte del producto hacia los distribuidores.

Imagen N°42: Tabla costos directos mano de obra

COSTOS DIRECTOS					
MANO DE OBRA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO (UD./\$)	VALOR (\$)
FERTIRIEGO	JUNIO - DICIEMBRE	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
TRANSPLANTE	JUNIO - JULIO	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
ACARREO DE INSUMOS	JUNIO - NOVIEMBRE	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
RIEGO	JUNIO - DICIEMBRE	1	JH	\$15,000.00	\$15,000.00
PODA	JUNIO - OCTUBRE	10	JH	\$15,000.00	\$150,000.00
VENTILAR NAVE	JUNIO - NOVIEMBRE	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
LIMPIEZA Y REPARACIÓN ESTRUCTURA	JUNIO - JULIO	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
CONTROL DE MALEZAS	JUNIO - OCTUBRE	4	JH	\$15,000.00	\$60,000.00
MANEJO DE CIENTAS DE RIEGO	JUNIO	2	JH	\$15,000.00	\$30,000.00
FERTILIZAR CON GUANO	JULIO	4	JH	\$15,000.00	\$60,000.00
COSECHA	OCTUBRE - DICIEMBRE	6160	KG	\$280	
TOTAL MANO DE OBRA					\$465,000.00

Fuente: Elaboración Propia

Imagen N°43: Tabla costos maquinaria

MAQUINARIA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO (UD./\$)	VALOR (\$)
ARADURA	JUNIO	1	0.04 H	\$60,000.00	\$60,000.00
RASTRAJES	JUNIO	1	0.04 H	\$25,000.00	\$25,000.00
ACARREO DE INSUMOS	JUNIO - NOVIEMBRE	1	0.04 H	\$50,000.00	\$50,000.00
TRANSPORTE DE LA COSECHA	OCTUBRE - DICIEMBRE	1	0.04 H	\$180,000.00	\$180,000.00
APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS	JUNIO - DICIEMBRE	2	0.04 H	\$25,000.00	\$50,000.00
TOTAL MAQUINARIA					\$365,000.00

Fuente: Elaboración Propia

4.2 CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

Los valores dados a continuación son valores estimados de una cosecha perfecta en los 400 m², en los cuales ninguna plaga, ni problemas hídricos puedan mermar la cosecha.

Imagen N°44: Tabla características del producto

PRODUCTO PRODUCIDO POR COSECHA (KG)	6160
TONELADAS PRODUCIDAS POR COSECHA	6.1
VALOR COMERCIAL POR (KG)	\$280
PESO PROMEDIO CAJA DE TOMATES (KG)	18
PESO PROMEDIO DE LA FRUTA (G.)	100-110
DIAS TRABAJADOS AL AÑO	220
INGRESOS POR VENTA - COSECHA	\$1,724,800

Fuente: Elaboración Propia

4.3 FLUJO DE CAJA

Imagen N°45: Flujo de caja; Elaborado en Excel

DESCRIPCION	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS POR VENTA DE TOMATES	\$ 1,724,800	\$ 1,794,999	\$ 1,868,056	\$ 1,944,086	\$ 2,023,210	\$ 2,105,555	\$ 2,191,251	\$ 2,280,435	\$ 2,373,248	\$ 2,469,840	
COSTOS DE MANO DE OBRA - ACARREO DE INSUMOS	\$ 50,000	\$ 52,035	\$ 54,153	\$ 56,357	\$ 58,651	\$ 61,038	\$ 63,522	\$ 66,107	\$ 68,798	\$ 71,598	
COSTOS DE MANO DE OBRA - ARADURA	\$ 60,000	\$ 62,442	\$ 64,983	\$ 67,628	\$ 70,381	\$ 73,245	\$ 76,226	\$ 79,329	\$ 82,557	\$ 85,917	
COSTOS DE MANO DE OBRA - RASTRAJES	\$ 25,000	\$ 26,018	\$ 27,076	\$ 28,178	\$ 29,325	\$ 30,519	\$ 31,761	\$ 33,054	\$ 34,399	\$ 35,799	
COSTOS DE MANO DE OBRA - TRANSPORTE PRODUCTO	\$ 180,000	\$ 187,326	\$ 194,950	\$ 202,885	\$ 211,142	\$ 219,736	\$ 228,679	\$ 237,986	\$ 247,672	\$ 257,752	
COSTOS DE MANO DE OBRA - APLICACIÓN FITOSANITARIOS	\$ 50,000	\$ 52,035	\$ 54,153	\$ 56,357	\$ 58,651	\$ 61,038	\$ 63,522	\$ 66,107	\$ 68,798	\$ 71,598	
COSTOS DE LIMPIEZA Y CONTROL DE MALEZA	\$ 60,000	\$ 62,442	\$ 64,983	\$ 67,628	\$ 70,381	\$ 73,245	\$ 76,226	\$ 79,329	\$ 82,557	\$ 85,917	
COSTOS DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMEDAD	\$ 30,000	\$ 31,221	\$ 32,492	\$ 33,814	\$ 35,190	\$ 36,623	\$ 38,113	\$ 39,664	\$ 41,279	\$ 42,959	
COSTO DE MANEJO DE CINTAS DE RIEGO	\$ 30,000	\$ 31,221	\$ 32,492	\$ 33,814	\$ 35,190	\$ 36,623	\$ 38,113	\$ 39,664	\$ 41,279	\$ 42,959	
COSTOS DE RIEGO	\$ 15,000	\$ 15,611	\$ 16,246	\$ 16,907	\$ 17,595	\$ 18,311	\$ 19,057	\$ 19,832	\$ 20,639	\$ 21,479	
COSTOS DE PODA	\$ 150,000	\$ 156,105	\$ 162,458	\$ 169,071	\$ 175,952	\$ 183,113	\$ 190,566	\$ 198,322	\$ 206,393	\$ 214,794	
COSTO DE MANEJO DE CINTAS DE RIEGO	\$ 30,000	\$ 31,221	\$ 32,492	\$ 33,814	\$ 35,190	\$ 36,623	\$ 38,113	\$ 39,664	\$ 41,279	\$ 42,959	
COSTOS DE FERTILIZACIÓN - GUANO	\$ 60,000	\$ 62,442	\$ 64,983	\$ 67,628	\$ 70,381	\$ 73,245	\$ 76,226	\$ 79,329	\$ 82,557	\$ 85,917	
COSTOS DE TRANSPLANTE	\$ 30,000	\$ 31,221	\$ 32,492	\$ 33,814	\$ 35,190	\$ 36,623	\$ 38,113	\$ 39,664	\$ 41,279	\$ 42,959	
INTERESES	\$650,400	\$612,248	\$569,746	\$522,400	\$469,655	\$410,898	\$345,443	\$272,526	\$191,296	\$100,806	
DEPRECIACION	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	
GANANCIA/PERDIDA K										\$ 3,565,790	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	\$ 241,642	\$ 280,502	\$ 320,944	\$ 363,032	\$ 406,833	\$ 452,417	\$ 499,856	\$ 549,226	\$ 600,605	\$ 654,075	
IMPUESTO 20%	\$ 48,328	\$ 56,100	\$ 64,189	\$ 72,606	\$ 81,367	\$ 90,483	\$ 99,971	\$ 109,845	\$ 120,121	\$ 130,815	
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO	\$ 193,314	\$ 224,402	\$ 256,756	\$ 290,426	\$ 325,467	\$ 361,934	\$ 399,885	\$ 439,380	\$ 480,484	\$ 523,260	
DEPRECIACION	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	\$713,158	
ACTIVOS	\$ 6,301,579										
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 770,000										
RECUPERACION CAPITAL DE TRABAJO											
VALOR RESIDUAL G/P K											
CREDITO	\$ 5,705,263										
AMORTIZACION	\$ 334,668	\$ 372,820	\$ 415,322	\$ 462,668	\$ 515,413	\$ 574,170	\$ 639,625	\$ 712,542	\$ 793,772	\$ 884,262	
FLUJO DE CAJA	\$ -1,366,316	\$ 571,803	\$ 564,740	\$ 554,592	\$ 540,915	\$ 523,212	\$ 500,922	\$ 473,418	\$ 439,996	\$ 399,869	\$ 352,155
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$ -1,366,316	\$ -794,513	\$ -229,773	\$ 324,819	\$ 865,734	\$ 1,388,946	\$ 1,889,868	\$ 2,363,285	\$ 2,803,281	\$ 3,203,150	\$ 3,555,306
VAN	\$ 831,018										
TIR	2.78										
PAYBACK										\$7,131,579	\$713,157.90

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1 RESULTADOS FLUJO DE CAJA

- **FLUJO DE CAJA 1° AÑO: \$571.808 – VALOR POSITIVO CON UTILIDADES**
- **FLUJO DE CAJA 2° AÑO: \$564.740 – VALOR POSITIVO CON UTILIDADES**
- **CAPITAL DE TRABAJO: \$770,000**
- **CREDITO SOLICITADO: \$ \$5,705,263**
- **UTILIDADES DESPUES IMPUESTOS 1° AÑO: \$193,314**

4.4 POSIBLES MEJORAS QUE INCORPORAR

El diseño formulado puede obtener ciertas mejoras:

1. FUENTE DE ENERGÍA EXTERNA

Una de las posibles mejoras para el sistema, para hacerlo independiente a la corriente eléctrica, es la de agregar una batería externa que alimente al circuito de Arduino, esto para que en caso de que la energía eléctrica domiciliar sea cortada, el equipo de riego siga funcionando adecuadamente.

2. INCORPORAR EL DISEÑO PARA SISTEMAS DE CULTIVO INDOOR

El sistema que proponemos sería efectivo para cultivos de interior que requieren mayor cantidad de cuidados para que sean fructíferos, tales como hongos comestibles, plantas decorativas, sistemas hidropónicos, etc. A la vez existe de agregar mayor cantidad de sensores tales como el de iluminancia que permita controlar los fotoperiodos que tengan las plantas dentro del interior, con esto se controlaría la hora de encendido y apagado dependiendo de las horas de luz que necesita la planta para poder desarrollarse mejor.

3. INCORPORAR ENERGIAS ALTERNATIVAS (SOLAR)

Mediante el uso de paneles solares, sería posible alimentar de forma independiente el circuito de Arduino planteado en este informe, esto haría aún más sustentable su uso, y estaría asilado de la red eléctrica tradicional de manera definitiva.

4.5 POSIBILIDAD DE PRODUCTO COMERCIAL

El prototipo que estamos presentando podría ser usado de manera comercial como una alternativa a sistemas del mismo tipo de mayor costo, este sistema podría ser comercializado en distintas tiendas del rubro de insumos agrícolas o incluso en los nuevos growshop que están entrando en fuerte en el mercado del autocultivo.

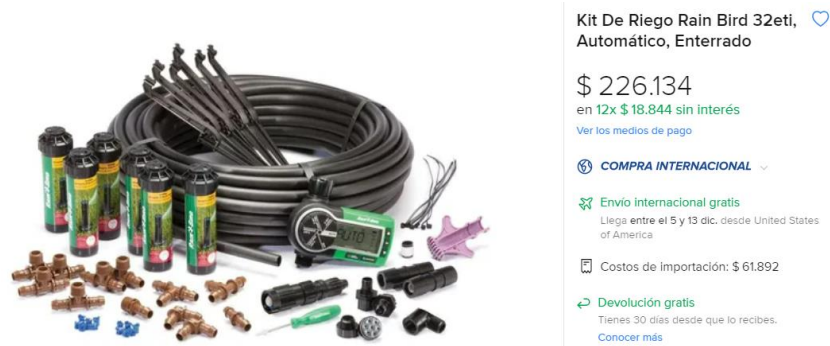
Los actuales productos comerciales ofrecen similares características con funciones reducidas, por ejemplo, dejan de lado las funciones como los sensores de humedad del suelo y humedad ambiente, no poseen electroválvulas de calidad, las cuales podrían presentar fallas debido a su baja calidad de fabricación, además que poseen un mayor precio en el mercado actual que el prototipo que se presenta en este informe.

Imagen N°46: Sistema de riego automático comercial



Fuente: Mercado Libre

Imagen N°47: Sistema de riego automático comercial



Fuente: Mercado Libre

Tomando como referencia los valores comprendidos en el apartado de presupuesto de este informe podemos lograr una cotización donde se pueda obtener un producto de características mejores a los que actualmente se producen y a un precio similar, reduciendo costos en la electroválvula, es posible realizar la comercialización del prototipo con una ganancia del 50%, resultando en un producto de costo medio con relación a sus competidores dentro del mercado:

Imagen N°48: Diagrama de conexión; LCD

COMPONENTES	UNIDAD	VALOR	ENVIO	VALOR TOTAL
12 V G3/4 LATÓN N/C ELECTROVÁLVULA 2	1	\$ 22.033	\$	\$ 22.033
ARDUINO NANO V3 CH340	1	\$ 7.200	\$ 4.750	\$ 11.950
MODULO SENSOR DE HUMEDAD	1	\$ 1.700	\$ 4.750	\$ 6.450
MODULO RELOJ RTC DS3221 ARDUINO	1	\$ 4.741	\$	\$ 4.741
ARDUINO PANTALLA LCD 16X2 CON INTERFAZ 12C MOD-LCD1602	1	\$ 5.361	\$	\$ 5.361
MODULO JOYSTICK ARDUINO	1	\$ 1.900	\$ 4.750	\$ 6.650
MINI PROTOBOARD COLORES 170 PUNTOS CHL-7410 RD-YE-GN-BL	4	\$ 1.328	\$	\$ 5.312
CABLES 40 PIEZAS 20 CM JUMPER PROTOBOARD MACHO WB-6103 P	1	\$ 2.420	\$	\$ 2.420
ARDUINO MODULO MOD-1 RELE 1 CANAL 5VDC	2	\$ 1.143	\$	\$ 2.286
CABLES 40PCS JUMPER PARA PROTOBOARD 20CMMACHO HEMBRA WB-610	1	\$ 2.588	\$	\$ 2.588
CAJA ARMARIO GABINETE METALICO TOTEN 300X200X155 PLAC/CERR IP-55 600910	1	\$ 37.455	\$	\$ 37.455
		\$ 87.869		\$ 107.246
VALOR DE VENTA - GANANCIA 50%				\$ 160.869
50%				\$ 53.623

Fuente: Elaboración propia

El método de comercialización sería principalmente en plataformas donde sea de fácil acceso para llegar a la mayor cantidad de público, tales como Facebook Marketplace, MercadoLibre, etc. Pagando una cierta cantidad de dinero en fines de publicidad es posible expandir nuestros posibles compradores. Principalmente el prototipo solo sería vendido en pocas existencias, solo se producirían 5 de estos sistemas.

$$VB - CT = \text{Ganancia Neta}$$

$$160.869 * 5 = 804.345 = \text{Venta Bruta de 5 Unidades.}$$

$$CT = 536.230 = \text{Costo Total de la Fabricación de 5 Unidades.}$$

$$VB - CT = 804.345 - 536.230 = 268.115$$

$$\text{Ganancia Neta} / VB * 100 = \text{resultado en porcentaje}$$

$$268115 / (804.345 * 100) = 80\% \text{ de ganancia}$$

4.6 ALCANCE DEL PROYECTO

En el futuro, poder implementar este proyecto en diferentes comunidades autónomas en las cuales estén dispuestas a participar con nosotros, esto puede significar un mejor aprovechamiento del agua y de sus recursos. Con los datos que vamos a obtener en este prototipo, podemos mejorar su eficiencia, y otras variables.

Además de que se pueda realizar un producto comercial, el cual pueda generar ganancias que se puedan utilizar en la realización de distintos proyectos a beneficio de las distintas comunidades de la zona, esto pensado a futuro y si es que el producto genera las ganancias suficientes.

4.7 CONCLUSIÓN TRABAJO DE TÍTULO

Los objetivos del proyecto principalmente eran realizar un proyecto de carácter social, el cual beneficiara a la comunidad del huerto comunitario, se realiza un análisis económico para poder reflejar si este proyecto es viable como una fuente de ingresos constante, el ideal de este proyecto era realizarlo con los menores gastos posibles, usando componentes de buena calidad, pero a la vez de bajo costo. Se concluye que es posible realizar un sistema de riego completo, con extracción, almacenamiento y automatización del riego con el menor costo posible, pensado principalmente para comunidades en desarrollo o que practiquen la horticultura en comunidad, ya sea de forma recreativa o didáctica.

Es posible obtener recursos sin necesidad de un crédito bancario, pudiendo así la comunidad postular a beneficios estatales, pudiendo así no ser necesario una deuda para la comunidad en sí. Aunque mediante el flujo de caja podemos concluir que, mediante la venta del producto principal de este huerto, es posible mantenerlo en funcionamiento de manera adecuada, pudiendo así solventar sus gastos con las cosechas anuales.

En el diseño del proyecto fue necesario investigar diferentes temas nuevos para nosotros, como programar Arduino de forma correcta, protocolos de comunicación entre

componentes para un correcto conexionado, lo cual se facilitó mediante el uso de simuladores, así como también estudiar y comprender las necesidades hídricas, ciclos de cultivo, etapas de crecimiento.

Si bien este proyecto está a la espera de una posibilidad de implementación en el taller de huerto creemos que será posible lograr el óptimo uso del recurso hídrico, así como también lograr dar a conocer las posibilidades de mejoras en su huerto usando tecnologías de un menor costo en comparación a las que se encuentran en el mercado.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *Agriculturainteligente.com*. 2022. *¿Qué es la Agricultura Inteligente?* [online] Available at: <<https://www.agriculturainteligente.com/novedades/index.php/59-que-es-la-agricultura-inteligente>> [Accessed 27 July 2022].

- *Automatización para Todos*. 2022. *Cómo utilizar un sensor de humedad de suelo con Arduino*. [online] Available at: <<https://www.automatizacionparatodos.com/sensor-de-humedad-de-suelo-con-arduino/#:~:text=placa%20Arduino%20UNO-,¿Cómo%20funciona%20el%20sensor%20de%20humedad%20de%20suelo%3F,detectada%20entre%200%20y%201023.>>> [Accessed 27 July 2022].

- *Blog*. 2022. *Riego tecnificado | Olivos*. [online] Available at: <<https://www.olivos.cl/blog/que-es-el-riego-tecnificado-y-como-se-puede-implementar/>> [Accessed 27 July 2022].

- *Divulgación Dinámica | Cursos Online y Formación a distancia*. 2022. *Huertos Sociales y Comunitarios: Qué son, funciones y clasificación*. [online] Available at: <<https://www.divulgaciondinamica.es/huertos-sociales-comunitarios/>> [Accessed 27 July 2022].

- *Fch.cl*. 2022. [online] Available at: <<https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/transicion-hidrica-resumen.pdf>> [Accessed 27 July 2022].

- H, L., climático, L., Koop, F., O'Brien, H. and Amin, A., 2022. *Crisis hídrica en Chile amenaza adaptación al cambio climático*. [online] *Dialogo Chino*. Available at: <<https://dialogochino.net/es/clima-y->

energia-es/27792-crisis-hidrica-en-chile-amenaza-adaptacion-al-cambio-climatico/> [Accessed 27 July 2022].

- Opia.CL: Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal. 2022. *¿Qué es la agricultura inteligente?* [online] Available at: <<https://www.opia.cl/601/w3-article-92386.html>> [Accessed 27 July 2022].
- Radios Regionales. 2022. *"Siembra Chile": Minagri lanza programa para mitigar alza de precios en alimentos - Radios Regionales.* [online] Available at: <<https://radiosregionales.cl/siembra-chile-minagri-lanza-programa-para-mitigar-alza-de-precios-en-alimentos/>> [Accessed 27 July 2022].
- Sc.ehu.es. 2022. *AUTOMATIZACIÓN*. [online] Available at: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>> [Accessed 27 July 2022].
- Stereovision80.ddns.net. 2022. *Electrónica StereoVisión :: Concepción.* [online] Available at: <<http://stereovision80.ddns.net/web/index.php>> [Accessed 27 July 2022].
- Toolbox.coffeeandclimate.org. 2022. *Medición de la humedad del suelo – coffee&climate toolbox.* [online] Available at: <<https://toolbox.coffeeandclimate.org/es/tools/soil-humidity-measurement/>> [Accessed 27 July 2022].
- Brioagro. 2022. *DPV - Déficit de Presión de Vapor - Brioagro.* [online] Available at: <<https://brioagro.es/dpv-deficit-de-presion-de-vapor/>> [Accessed 27 July 2022].

- CFCN, C., 2022. *"El 80% de los problemas de agua en Chile se resolverían con una buena gestión"*. [online] Forestal.uchile.cl. Available at: <<http://www.forestal.uchile.cl/noticias/146035/el-80-de-los-problemas-de-agua-se-resolverian-con-una-buena-gestion>> [Accessed 27 July 2022].

- Doh.cl. 2022. [online] Available at: <http://www.doh.cl/publicacionesyestudios/Documents/historia_del_riego_en_chile.pdf> [Accessed 27 July 2022].

- Fs.fed.us. 2022. [online] Available at: <https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2012_dumroese_k004.pdf> [Accessed 27 July 2022].

- General, Q., Científico, P., Materia, L., Atómica, T., Orgánica, Q., Bases, Á., Química, C., Químicos, C., Químico, E., Periódica, L., Ambiental, Q., Vivos, Q., Nuclear, Q., Químicas, R., Químico, L., Químico, M., Laboratorio, P., Función, Q., Auxilios, S., sitio, M., Químico, T. and Químico, T., 2022. *¿Qué es la Evaporación? – TP – Laboratorio Químico*. [online] Tplaboratorioquimico.com. Available at: <<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/evaporacion.html>> [Accessed 27 July 2022].

- Gob.cl. 2022. *Gob.cl - Plan Sequía*. [online] Available at: <<https://www.gob.cl/plansequia/>> [Accessed 27 July 2022].

- Hofste, R., Reig, P. and Schleifer, L., 2022. *17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress*. [online] World Resources Institute. Available at: <<https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>> [Accessed 27 July 2022].

- Ine.cl. 2022. [online] Available at: <[https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2021-\(versi%C3%B3n-actualizada-al-06-de-abril-del-2022\).pdf](https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2021-(versi%C3%B3n-actualizada-al-06-de-abril-del-2022).pdf)> [Accessed 27 July 2022].
- Ine.cl. 2022. [online] Available at: <[https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2021-\(versi%C3%B3n-actualizada-al-06-de-abril-del-2022\).pdf](https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2021-(versi%C3%B3n-actualizada-al-06-de-abril-del-2022).pdf)> [Accessed 27 July 2022].
- Invernaderoschile.cl. 2022. *Invernaderos | Diseño y Construcción para Cultivo en Invernadero*. [online] Available at: <<https://invernaderoschile.cl/>> [Accessed 27 July 2022].
- Ministerio de Agricultura. 2022. *Gobierno lanza campaña para concientizar sobre la crisis hídrica en el país - Ministerio de Agricultura*. [online] Available at: <<https://www.minagri.gob.cl/noticia/gobierno-lanza-campana-para-concientizar-sobre-la-crisis-hidrica-en-el-pais/>> [Accessed 27 July 2022].
- Mostrador, E., 2022. *Escasez hídrica obliga al Gobierno a decretar emergencia agrícola en cuatro regiones del país*. [online] El Mostrador. Available at: <<https://www.elmostrador.cl/noticias/multimedia/2021/08/26/escasez-hidrica-obliga-al-gobierno-a-decretar-emergencia-agricola-en-cuatro-regiones-del-pais/>> [Accessed 27 July 2022].
- Passel2.unl.edu. 2022. *Transpiración - Resumen | La Transpiración - Movimiento del Agua a Través de las Plantas - passel*. [online] Available at: <<https://passel2.unl.edu/view/lesson/d08b772bc7e4/7#:~:text=Transpiraci%C3%B3n%20es%20la%20evaporaci%C3%B3n%20de,el%20xilema%20de%20la%20planta.>> [Accessed 27 July 2022].

- Sequia.visorterritorial.cl. 2022. *Sequia*. [online] Available at: <<https://sequia.visorterritorial.cl/>> [Accessed 27 July 2022].
- <https://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2010/02/Marco-Jur%C3%ADdico-para-la-gesti%C3%B3n-del-agua-en-Chile-Diagn%C3%B3stico-y-Desaf%C3%ADos.pdf>

6 ANEXOS

CODIGO SCANNER I2C

Gracias a este código dispuesto por la comunidad de Arduino se nos permite conocer la dirección I2C de la pantalla LCD, para la posterior programación del programador de riego.

```
#include <Wire.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);      // Leonardo: wait for serial monitor
  Serial.println("\nI2C Scanner");
}

void loop()
{
  byte error, address;
  int nDevices;
  Serial.println("Scanning...");
  nDevices = 0;
  for(address = 1; address < 127; address++ )
  {
    // The i2c_scanner uses the return value of
    // the Write.endTransmission to see if
    // a device did acknowledge to the address.
    Wire.beginTransmission(address);
    error = Wire.endTransmission();
```

```

if (error == 0)
{
    Serial.print("I2C device found at address 0x");
    if (address<16)
        Serial.print("0");
    Serial.print(address,HEX);
    Serial.println(" !");
    nDevices++;
}
else if (error==4)
{
    Serial.print("Unknown error at address 0x");
    if (address<16)
        Serial.print("0");
    Serial.println(address,HEX);
}
}

if (nDevices == 0)
    Serial.println("No I2C devices found\n");
else
    Serial.println("done\n");
delay(5000);      // wait 5 seconds for next scan
}

```

PROGAMACION IDE

Programación en la cual se indican los parámetros de operación, menús de configuración, horas de programación y movimientos del joystick para navegar dentro de los menús.

```

//-----
// 1. Librerias
//-----

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <RTCLib.h>
#include <EEPROMex.h>
// #include <EEPROMVar.h>

// 2. Conexiones
#define xPin    A1
#define yPin    A2
#define kPin     7
#define pinS1    6
#define pinS2    5
#define pinS3    4
#define pinS4    3
#define moistureSensor A0

//SDA          A4
//SCL          A5

// 3. Variables y Comandos
//leerJoystick
byte joyRead;
byte joyPos;
byte lastJoyPos;
long lastDebounceTime = 0;

```

```

long debounceDelay = 70;
int humedad;
int humedadlimite = 30;

//Control Joystick
bool PQCP;
byte editMode;

//sistema de menus
byte mNivel1;
byte nS;

//Hora
DateTime now;
int horaAc;// Hora actual en minutos (0 a (1440-1))
byte lastMinute = 0;
byte lastSecond = 0;
byte timer;

//
bool IO=1;
byte percent=100;

byte clearSave;

//
byte buffer[2];
byte nH;

```

```
byte progRec[4][9]; // Tr, h1,m1...h4,m4 (for eeprom)
```

```
byte controlPin[4]={pinS1,pinS2,pinS3,pinS4};
```

```
bool controlS[4]; //horario
```

```
byte TAM[4];
```

```
bool a;
```

```
// 4. Objetos
```

```
RTC_DS1307 rtc;
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2); // Atención, poner aquí la dirección i2c correcta de la
pantalla LCD 16x2
```

```
// SETUP
```

```
void setup() {
```

```
// S1. Pines
```

```
pinMode(xPin, INPUT);
```

```
pinMode(yPin, INPUT);
```

```
pinMode(kPin, INPUT_PULLUP);
```

```
digitalWrite(pinS1,HIGH);
```

```
// digitalWrite(pinS2,HIGH);
```

```
// digitalWrite(pinS3,HIGH);
```

```
// digitalWrite(pinS4,HIGH);
```

```
pinMode(pinS1, OUTPUT);
```

```
// pinMode(pinS2, OUTPUT);
```

```
// pinMode(pinS3, OUTPUT);
```

```

// pinMode(pinS4, OUTPUT);

// S2. Objetos
rtc.begin();
lcd.init();
lcd.backlight();

// S3. Program
eepromRead();
}

// LOOP
void loop() {
  now = rtc.now();
  horaAc = now.hour()*60 + now.minute();
  int sensorValue = analogRead(moistureSensor);
  humedad = map(sensorValue,0,1023,99,0);

  controlJoystick();

  menu();

  for(int i=0;i<4;i++){
    //si ON y app o programa o arranque manual y humedad de la tierra es inferior al valor
    marcado
    if ((IO&&(controlS[i]||(TAM[i]>0)))&&(humedad<humedadlimite)){
      digitalWrite(controlPin[i], LOW);//off relay
    } else {
      digitalWrite(controlPin[i], HIGH);//on relay
    }
  }
}
}

```

```

if(now.second()!=lastSecond){
    controlH();
    timer++;
    lastSecond=now.second();}

if
(timer>30&&!(controlS[0]||controlS[1]||controlS[2]||controlS[3])&&!(TAM[0]||TAM[1]|
|TAM[2]||TAM[3])){
    lcd.noBacklight();
    }else{lcd.backlight(); }
    if (timer==90){
        lcd.clear();
        mNivel1=0;}//vuelve a pantalla de inicio tras 90s de inactividad
        if (timer>250){timer=91;}//32k

if(now.minute()!=lastMinute){
    for(int i=0;i<4;i++){
        if (TAM[i]>0){TAM[i]--;}
        }//for
        lastMinute=now.minute();}

    }

void controlH(){
    for(int g=0;g<4;g++){//sector
        for(int i=1;i<8;i+=2){//si t!=0 y hini !=0 y horario
            if(((progRec[g][0]!=0)&&(((progRec[g][i]*60)+(progRec[g][i+1]))!=0)&&((horaAc>=((
            progRec[g][i]*60)+(progRec[g][i+1]))&&(horaAc<((progRec[g][i]*60)+(progRec[g][i
            +1]))+int(progRec[g][0]*(percent/100)))))){
                a=1;

```

```

    }
    }//for horas
    if (a==1){controlS[g]=1;}
    if (a==0){controlS[g]=0;}
    a=0;
    }//for sector
}

// Menu
void menu(){
    switch (mNivel1){
        case 0:
            menu0();//pantalla de inicio
            break;
        case 1:
            if(nS>0){menu11();}
            }else{menu1();}
            break;
        case 2:
            menu2();
            break;
        case 3:
            if(nS>0){menu31();}
            }else{menu3();}
            break;
        case 4:
            menu4(); //
            break;
    }
}

```

```

case 5:
menu5(); //
break;
} //switch
}

// Pantalla de inicio
void menu0(){

lcd.setCursor(0,0);
printHour(now.hour());
printDigits(now.minute());
lcd.setCursor(7,0);
if(IO){lcd.print("PREPARADO");}
if(!IO){lcd.print("TODO OFF");}
// if(timer & 0x01){ par
if(timer%4==0){

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("HUMEDAD");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(humedad);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print("%");

/* lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("S2 ");

```

```

lcd.setCursor(8,1);
lcd.print("S3 ");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print("S4 ") ; */
}else{
/* lcd.setCursor(6,1);
if (TAM[0]>0){lcd.print("mON");
}else if (controlS[0]>0){lcd.print("hON");
}else {lcd.print("OFF");}
lcd.setCursor(4,1);
if (TAM[1]>0){lcd.print("mON");
}else if (controlS[1]>0){lcd.print("hON");
}else {lcd.print("OFF");}
lcd.setCursor(8,1);
if (TAM[2]>0){lcd.print("mON");
}else if (controlS[2]>0){lcd.print("hON");
}else {lcd.print("OFF");}
lcd.setCursor(12,1);
if (TAM[0]>3){lcd.print("mON");
}else if (controlS[3]>0){lcd.print("hON");
}else {lcd.print("OFF");}*/
}
}

// MANUAL START
void menu1(){
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("RIEGO MANUAL");
lcd.setCursor(0,1);

```

Menu 1

```

lcd.print("configurar -> ->");
}
//-----1.1

void menu11(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Riego manual ");
  // lcd.print(nS);
  lcd.setCursor(13,0);
  if(TAM[nS-1]>0)lcd.print("ON ");
  if(TAM[nS-1]==0)lcd.print("OFF");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Minutos ");
  printHour(TAM[nS-1]);
}

// SET PERCENT                                Menu 2
void menu2(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("% HUMEDAD LIMITE");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(humedadlimite);
  if (editMode>0){
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("#");
  } else {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
}

// SET PROGRAM                                Menu 3

```

```

void menu3(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("RIEGO AUTOMATICO");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("configurar -> ->");
}

//-----3.1

void menu31(){
  lcd.setCursor(0,0);
  if (editMode>0){lcd.print("#");
  } else {lcd.print("S");}
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print(nS);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("T ");//tr
  printHour(progRec[nS-1][0]);//tr
  lcd.setCursor(5,0);
  printHour(progRec[nS-1][1]);//h1
  lcd.setCursor(7,0);
  printDigits(progRec[nS-1][2]);
  lcd.setCursor(11,0);
  printHour(progRec[nS-1][3]);//h2
  lcd.setCursor(13,0);
  printDigits(progRec[nS-1][4]);
  lcd.setCursor(5,1);
  printHour(progRec[nS-1][5]);//h3
  lcd.setCursor(7,1);
  printDigits(progRec[nS-1][6]);

```

```

lcd.setCursor(11,1);
printHour(progRec[nS-1][7]); //h4
lcd.setCursor(13,1);
printDigits(progRec[nS-1][8]);
}

```

```
// Clear / Save EEPROM
```

```
Menu 4
```

```

void menu4(){
lcd.setCursor(4,0);
lcd.print("EEPROM");
if (editMode){
lcd.setCursor(5,1);
if (clearSave==0){
lcd.print("Cancelar");}
if (clearSave==1){
lcd.print("Guardar");}
if (clearSave==2){
lcd.print("Borrar");}
lcd.setCursor(15,1);
lcd.print("#");
} else {
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("Borrar/Guardar");
lcd.setCursor(15,1);
lcd.print(" ");}
}

```

```

void progRecClear(){
for(int a=0;a<4;a++){

```

```

for(int b=0;b<8;b++){
  progRec[a][b]=0;
}
}
}

void eepromWrite(){
  int address=0;
  for(int i=0;i<4;i++){
    for(int j=0;j<8;j++){
      EEPROM.writeByte(address, progRec[i][j]);
      address++;
    }
  }
}

void eepromRead(){
  int address=0;
  for(int i=0;i<4;i++){
    for(int j=0;j<8;j++){
      progRec[i][j]=EEPROM.readByte(address);
      address++;
    }
  }
}

// Set HORA
Menu 5

void menu5(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Cambia hora");
  if (editMode>0){

```

```

    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print("#");}
    lcd.setCursor(11,0);
    printHour(buffer[0]);
    printDigits(buffer[1 ]);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Actual  ");
    lcd.setCursor(11,1);
    printHour(now.hour());
    printDigits(now.minute());
}

// Control Joystick
void controlJoystick(){
    leeJoystick();
    if(PQCP) {
        PQCP=0;
        timer=0;
// JOYSTICK BUTTON== joyPos=5
        if (joyPos==5&&mNivel1==0){IO=!IO;
//manual start
//percent
        }else if (joyPos==5&&mNivel1==2&&editMode==0){
            editMode=2;
        }else if (joyPos==5&&mNivel1==2&&editMode>0){
            editMode=0;

//set prog
        }else if (joyPos==5&&mNivel1==3&&nS>0&&editMode==0){

```

```

    editMode=3;
    nH=0;

} else if (joyPos==5&&mNivel1==3&&editMode>0){//on exit
    editMode=0;

//eprom
} else if (joyPos==5&&mNivel1==4&&editMode==0){
    editMode=4;
    lcd.clear();
} else if (joyPos==5&&mNivel1==4&&editMode>0){//on exit
    if (clearSave==1){//save
        eepromWrite();
    }
    if (clearSave==2){//clear
        progRecClear();
        eepromWrite();
        //syncProg();
    }
    editMode=0;

//sethora
} else if (joyPos==5&&mNivel1==5&&editMode==0){
    editMode=5;
    nH=0;
    buffer[0]=now.hour();
    buffer[1]=now.minute();
} else if (joyPos==5&&mNivel1==5&&editMode>0){//on exit

```

```

    nH=0;

    DateTime dt(2015, 1, 1, buffer[0], buffer[1], 0);

    rtc.adjust(dt);

    editMode=0;
}

//OTROS CONTROLES

switch (editMode){
    case 0:          //no editMode

        if (mNivel1==1&&joyPos==3&&TAM[nS-1]>0&&nS>0){
            TAM[nS-1]--;}

        if (mNivel1<5&&joyPos==3&&(mNivel1!=1||nS==0)){ //UP
            lcd.clear();
            mNivel1++;
            nS=0;}

        if (mNivel1==1&&joyPos==4&&TAM[nS-1]<99&&nS>0){ //DOWN
            TAM[nS-1]++;}

        if (mNivel1>0&&joyPos==4&&(mNivel1!=1||nS==0)){
            lcd.clear();
            mNivel1--;
            nS=0;}

        if ((mNivel1==1||mNivel1==3)&&joyPos==1&&nS<1){ //RIGHT
            lcd.clear();
            nS++;}

        if ((mNivel1==1||mNivel1==3)&&joyPos==2&&nS>0){ //LEFT
            lcd.clear();
            nS--;}

    case 1: // editMode Manual start
        break;
}

```

```

case 2: // editMode Ser Percent
    if (joyPos==4&&humedadlimite<99){//UP
        lcd.clear();
        humedadlimite+=10;}
    if (joyPos==3&&humedadlimite>1){//DOWN
        lcd.clear();
        humedadlimite-=10;}
    break;
case 3: // editMode Set Program
    //if (joyPos==3&&buffer[nH]>0){buffer[nH]--;} //abajo*/
    if (joyPos==4&&nH==0&&progRec[nS-1][0]<99){progRec[nS-1][0]++; }
//arriba
    if (joyPos==4&&(nH==1||nH==3||nH==5||nH==7)&&progRec[nS-1][nH]<23){
        progRec[nS-1][nH]++; }//arriba
    if (joyPos==4&&(nH==2||nH==4||nH==6||nH==8)&&progRec[nS-1][nH]<59){
        progRec[nS-1][nH]++; } //arriba
    if (joyPos==3&&progRec[nS-1][nH]>0){progRec[nS-1][nH]--;} //abajo
    if (joyPos==1&&nH<8){nH++; } //derecha
    if (joyPos==2&&nH>0){nH--; } //izq
    break;
case 4: // editMode Save/clear Proram
    if (joyPos==3&&clearSave<2){//DOWN
        lcd.clear();
        clearSave++;}
    if (joyPos==4&&clearSave>0){//UP
        lcd.clear();
        clearSave--;}
    break;

```

```

case 5: // editMode Set Time
    if (joyPos==4&&buffer[0]<23&&nH==0){
        buffer[0]++; }//arriba
    if (joyPos==4&&buffer[1]<59&&nH==1){
        buffer[1]++; } //arriba
    if (joyPos==3&&buffer[nH]>0){buffer[nH]--;} //abajo
    if (joyPos==1&&nH<1){nH++; } //derecha
    if (joyPos==2&&nH>0){nH--; } //izq
    break;
    }//!edit
} //PQCP
}

int leeJoystick(){
    int x = analogRead(xPin);
    int y = analogRead(yPin);
    int k = digitalRead(kPin);
    if(x>900){joyRead=1; //x+
    }else if(x<100){joyRead=2; //x-
    }else if(y>900){joyRead=3; //y+
    }else if(y<100){joyRead=4; //y-
    }else if(!k){joyRead=5;
    }else{joyRead=0;}

    if (joyRead != lastJoyPos){lastDebounceTime = millis();}
    if(((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay)&&(joyRead!=joyPos)){
        joyPos=joyRead;
        if(!PQCP){PQCP=1;}
    }
}

```

```

    }
    if(((millis() - lastDebounceTime) > (4*debounceDelay))&&(joyPos==3||joyPos==4)){
        joyPos=joyRead;           //repeat time
        if(!PQCP){PQCP=1;}
    }
    lastJoyPos=joyRead;
}

////////////////////////imprime horas
void printHour(byte digits){
    if(digits < 10){
        lcd.print(' ');
        lcd.print(digits,DEC);}
    else {lcd.print(digits,DEC);}
}

////////////////////////imprime minutos :00
void printDigits(byte digits){
    lcd.print(":");
    if(digits < 10){
        lcd.print('0');
        lcd.print(digits,DEC);}
    else {lcd.print(digits,DEC);} }

```