

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN
CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS**

LUISA FERNANDA RUBIO RODRÍGUEZ

GUSTAVO EDUARDO ECHEVERRÍA MORA

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.**

2007

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN
CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS**

LUISA FERNANDA RUBIO RODRÍGUEZ

GUSTAVO EDUARDO ECHEVERRÍA MORA

**Trabajo presentado como requisito
para optar por el título profesional de
Ingeniero Mecatrónico**

Director

BALDOMERO MÉNDEZ PALLARES

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2007

Dedicatoria:

A nuestros padres Maria Cecilia Rodríguez, Carmenza Mora, Hernando Rubio e Isaac Enrique Echeverría que nos apoyaron, nos guiaron y depositaron en nosotros toda la confianza, para poder llegar a esta meta sin importar los inconvenientes que se presentaron durante nuestra carrera.

A aquel familiar que con su ayuda nos motivo para continuar con esta etapa.

Agradecimientos:

Queremos expresar nuestros agradecimientos a la empresa MEGA & MISTIQUE FLOWERS por abrirnos las puertas y brindarnos toda la información requerida para este proyecto.

A los profesores que nos brindaron colaboración y nos ayudaron a aclarar dudas referentes al proyecto sin esperar nada a cambio.

A nuestros amigos Elena Echeverría y Andrés Monroy por la asesoría prestada para la elaboración del documento.

Índice general

INTRODUCCIÓN	IX
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. METODOLOGÍA	4
4. ALCANCES Y LIMITACIONES	5
4.1. ALCANCES	5
4.2. LIMITACIONES	5
5. MARCO DE REFERENCIA	6

5.1. MARCO LEGAL	6
5.2. MARCO TEÓRICO	6
5.3. MARCO CONCEPTUAL	11
5.3.1. CULTIVOS HIDROPÓNICOS	11
5.3.2. SISTEMAS NEUMÁTICOS	19
5.3.3. PLC	20
5.3.4. SENSORES ULTRASÓNICOS	22
5.3.5. TUBERÍA PVC	25
5.3.6. EJES	26
5.3.7. RODAMIENTOS	28
5.3.8. GUAYA	30
5.3.9. CREMALLERA PIÑÓN	31
5.3.10. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	37
5.3.11. AGITADOR	43
5.3.12. BOMBAS	46
5.3.13. DISEÑO HIDRÁULICO	47
6. DISEÑO INGENIERIL	50
6.1. DISEÑO DEL INVERNADERO	51
6.2. DISEÑO PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL INVERNADERO	51
6.3. DISEÑO DEL EJE	55

6.4. DISEÑO DEL ACCIONAMIENTO DE LAS VENTANAS	56
6.4.1. DISEÑO CREMALLERA PIÑÓN	57
6.4.2. DISEÑO DEL ACTUADOR	61
6.4.3. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR	62
6.4.4. SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR CORREA	63
6.5. DISEÑO DE RODAMIENTOS	66
6.6. GUAYA	68
6.7. POLEA	68
6.8. DISEÑO HIDRÁULICO	69
6.9. CAMAS	73
6.10. AGITADOR	73
6.11. PROGRAMACIÓN	75
6.11.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	75
6.11.2. WINCC	79
6.11.3. PLC	86
A. TABLAS DISEÑO DEL EJE	II
B. TABLAS DISEÑO DE RODAMIENTOS	IV
C. DISEÑO DE PIÑÓN	V
D. NEUMÁTICA E HIDRÁULICA	VII

E. MOTORREDUCTOR	XIII
F. PLC	XXIII
G. DIAGRAMAS DE FLUJO	XXVII
H. DISEÑO FINAL	XXXIV
I. PLANOS	XXXVII

Índice de figuras

5.1. Instalaciones del cultivo	7
5.2. Preparación del sustrato y de las camas.	7
5.3. Preparación de los patrones para la injertación de especies de rosas.	8
5.4. Proceso de crecimiento y tiempo de espera.	8
5.5. Sistema de riego del cultivo y operarios realizando esta labor	9
5.6. Depósitos de Nutrientes	9
5.7. Rosa apta para corte.	10
5.8. Planta de empaque y producto terminado.	10
5.9. PLC.	21
5.10. Principios de operación.	23
5.11. Modo de operación.	23
5.12. Modo difuso.	24
5.13. Margen de detección.	24
5.14. Objetos estándar.	25
5.15. Diagrama de flujo de rodamiento rígido de bolas.	30

5.16. Guaya.	31
5.17. Tuberías en serie.	47
5.18. Tuberías en paralelo.	49
6.1. Invernadero	51
6.2. Invernadero por secciones	52
6.3. Estructura de las ventanas para el invernadero	52
6.4. Dimensiones de las ventanas	53
6.5. Eje con ventanas	55
6.6. Eje con soportes	56
6.7. Funcionamiento de la cremallera piñón	57
6.8. Cremallera piñón	57
6.9. Cremallera	58
6.10. Piñón	59
6.11. Actuador con la cremallera y el piñón	62
6.12. Sistema de transmisión por correa	64
6.13. Motor con correa	66
6.14. Rodamiento con soporte	66
6.15. Rodamiento con eje	67
6.16. Funcionamiento de la guaya	68
6.17. Polea	68

6.18. Funcionamiento de poleas	69
6.19. Diseño hidráulico	69
6.20. Tubería de succión	70
6.21. Tubería de descarga	71
6.22. Camas	73
6.23. Agitador	74
6.24. Inicio.	80
6.25. Inicio con valores.	81
6.26. Entradas.	82
6.27. Cantidad de nutrientes.	83
6.28. Proceso.	84
6.29. Salidas.	85
6.30. Modo.	86
6.31. Entradas y salidas.	87
6.32. Entradas del PLC.	88
6.33. Salidas del PLC.	89
6.34. Conexiones de las salidas del PLC.	90
A.1. Resistencias mínimas determinadas a la tensión y a la cadencia.	II
A.2. Parámetros para el factor de la condición superficial de Marín.	II
A.3. Parámetros de Heywood.	III

B.1. Gráfico para el cálculo de duración.	IV
C.1. Valores del factor de forma de Lewis.	V
C.2. Factores de confiabilidad.	V
C.3. Número de esfuerzos flexionantes.	VI
C.4. Factor de ciclos de esfuerzo.	VI
D.1. Valores del factor de forma de Lewis.	VII
D.2. Final de carrera.	VIII
D.3. Electroválvula.	IX
D.4. Compresor.	X
D.5. Diseño de mando.	XI
D.6. Bomba.	XII
E.1. Factor de servicio.	XIV
E.2. Selección del perfil de la correa.	XV
E.3. Factores de proyecto.	XVI
E.4. Perfil A.	XVII
E.5. Designación.	XVIII
E.6. Duración de funcionamiento.	XIX
E.7. Motorreductor.	XX
E.8. Reductor.	XXI

E.9. Conexión de los motores.	XXII
F.1. Programación.	XXIV
F.2. Programación.	XXV
F.3. Variables.	XXVI
G.1. Programa.	XXVII
G.2. Agua.	XXVIII
G.3. Nutrientes.	XXIX
G.4. Tanque de mezclado.	XXX
G.5. Tanque de retorno.	XXXI
G.6. Riego.	XXXII
G.7. Sistema de ventilación.	XXXIII
H.1. Con neumática.	XXXIV
H.2. Con neumática.	XXXV
H.3. Con motor.	XXXV
H.4. Con motor.	XXXVI
H.5. Sistema hidráulico.	XXXVI

INTRODUCCIÓN

La producción de flores tiene gran importancia en la economía colombiana, pues se constituye en uno de los sectores que más recursos trae al país, y en el propósito de mantener este liderazgo es necesario adaptar los procesos de producción, de modo que sean cada vez más eficientes y menos costosos; esto se logra haciendo de la tecnología parte fundamental del proceso.

En este sentido, se presenta el diseño de un sistema de automatización de un cultivo de rosas, que permite desarrollar de forma eficiente la tarea propuesta.

En la primera parte se muestran los aspectos teóricos referentes al cultivo hidropónico de rosas, las condiciones y parámetros importantes en el proceso de producción; además se mencionan los aspectos relevantes en el dimensionamiento del diseño del sistema de automatización.

En la segunda parte se incluyen los aspectos de desarrollo ingenieril del diseño, esto es, los cálculos de los parámetros de funcionamiento del sistema, distribución de los componentes físicos y el desarrollo del software de control (diagramas de flujo de los procesos involucrados, construcción de programas, interfases graficas).

En la parte final se muestran los resultados del diseño, características y funcionamiento (simulación).

Capítulo 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad la automatización de esta clase de cultivos no se encuentra en Colombia solamente en países como Australia y Estados Unidos, donde la poca fertilidad que presenta el suelo, hacen necesario la implementación de este tipo de sistema, los cultivos hidropónicos que se encuentran automatizados son básicamente de hortalizas.

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En MEGA & MISTIQUE FLOWERS el cultivo hidropónico de rosas se hace de forma artesanal, el suministro de nutrientes y agua es manual y por tanto no uniforme, la manipulación de las condiciones ambientales esta sujeta a supervisión constante de operarios, lo que genera un nivel de producción que no satisface las necesidades de la empresa y que por lo tanto se usa exclusivamente para estudios de control de plagas y creación de nuevas especies.

En vista de estos inconvenientes, se plantea como problema el diseño de un sistema que automatice y optimice la producción hidropónica de rosas, de modo que esta se perfile

como una posibilidad comercial que incremente los beneficios de la empresa.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados. Sin embargo no todo sistema es efectivo para todos los cultivos.

Los sistemas hidropónicos en agua, son sistemas hidropónicos por excelencia; las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. En los sistemas con agregados, las raíces de las plantas crecen y se desarrollan en sustratos inertes; la solución nutritiva fluye entre las partículas del sustrato humedeciendo las raíces.

La automatización de esta clase de cultivos permite obtener un manejo máximo de todo el proceso que este requiere para el logro satisfactorio del cultivo ya que se desea mantener una calidad máxima para la comercialización de la misma.

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con fuentes de información tanto en libros como Internet, docentes y la visita y asesoría al cultivo de rosas MEGA & MYSTIQUE FLOWERS.

Capítulo 2

OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de automatización de un cultivo hidropónico de rosas, usando un controlador que maneje diferentes variables del proceso como la cantidad de nutrientes, la temperatura, la humedad, la cantidad luz adecuada para el cultivo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Identificar los procesos a automatizar en el cultivo hidropónico.
- * Realizar los diferentes cálculos y estudios para el diseño del sistema de automatización.
- * Llevar al diseño todos los cálculos realizados para la elaboración del sistema.
- * Realizar el diseño de la planta en donde se va a manipular todo el sistema.
- * Dar a conocer el resultado a nivel institucional.

Capítulo 3

METODOLOGÍA

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de automatización para los cultivos hidropónicos de rosas, que controle y monitoree la solución de nutrientes, que contienen todos los elementos esenciales y vitales para el normal desarrollo de la planta, de humedad, de temperatura y de luz. Esto con el fin de obtener una mayor eficiencia y calidad en cuanto a la producción de rosas y así no generar pérdidas.

Capítulo 4

ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1. ALCANCES

- * El sistema no controlara la humedad solo ofrecera la facilidad para programar riegos que la mantengan en un nivel adecuado.
- * El sistema monitoreara el pH e informara acerca de niveles anómalos.
- * Este diseño le permitirá al agrónomo monitorear y controlar la evolución de los parámetros relevantes en el crecimiento de las rosas, principalmente la concentración y el suministro de nutrientes.

4.2. LIMITACIONES

- * El sistema se diseño sobre información limitada, debido a que las visitas a los cultivos son restringidas y no fue posible hacer pruebas específicas para optimizar el diseño.
- * El clima en Colombia es demasiado variable y no es posible predecir con exactitud los cambios en la temperatura del cultivo, esto conlleva a dificultades en la manipulación de esta variable en nuestro sistema.

Capítulo 5

MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO LEGAL

El diseño se realizó teniendo en cuenta las normas AGMA (*CSNO14686*) en el cálculo de las dimensiones del piñón cremallera; para la selección de los rodamientos se utilizó el manual de SKF.

Los datos de posición geográfica y climática de Tabio usados en este proyecto fueron suministrados por el IDEAM.

5.2. MARCO TEÓRICO

El proceso que enmarca el desarrollo del proyecto expuesto es la producción de rosas por medio de los cultivos hidropónicos. A continuación se describe el proceso.

MEGA & MYSTIQUE FLOWERS (figura 5.1) es un cultivo de rosas tipo exportación, el cual está muy bien posicionado en el exterior. Gracias a la colaboración de su personal se pudo llevar a cabo este proyecto.

Figura 5.1: Instalaciones del cultivo



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

* Descripción del proceso en el cultivo hidropónico.

La preparación de las camas (figura 5.2), se inicia con la quema de la cascarilla de arroz para obtener un mayor grado de absorción, después se procede a colocarla en las camas, provistas de orificios para eliminar los excesos de humedad.

Figura 5.2: Preparación del sustrato y de las camas.



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

El proceso de cultivo se realiza a través de patrones (figura 5.3), la preparación del patrón dura dos meses aproximadamente para realizar la injertación; una vez listos, se llevan al cultivo hidropónico para adaptarlos a los tallos que allí se encuentran.

Figura 5.3: Preparación de los patrones para la injertación de especies de rosas.



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

Injertado el patrón (figura 5.4), se requiere un monitoreo constante que garantice la calidad de las rosas; dependiendo de la variedad pueden estar listas para corte entre 4 y 5 meses aproximadamente.

Figura 5.4: Proceso de crecimiento y tiempo de espera.



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

El riego para cada cama dura de tres a cuatro minutos (figura 5.5), la cantidad de veces que se riegan depende de las condiciones climáticas, este sistema de riego es manual.

Figura 5.5: Sistema de riego del cultivo y operarios realizando esta labor



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

Los nutrientes se mezclan en canecas (figura 5.6), las concentraciones específicas son determinadas por el agrónomo dependiendo de las necesidades de las rosas.

Figura 5.6: Depósitos de Nutrientes



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

El punto de corte de la rosa (figura 5.7), lo determina el botón y el tallo, este tiene que ser grueso y largo (tipo exportación).

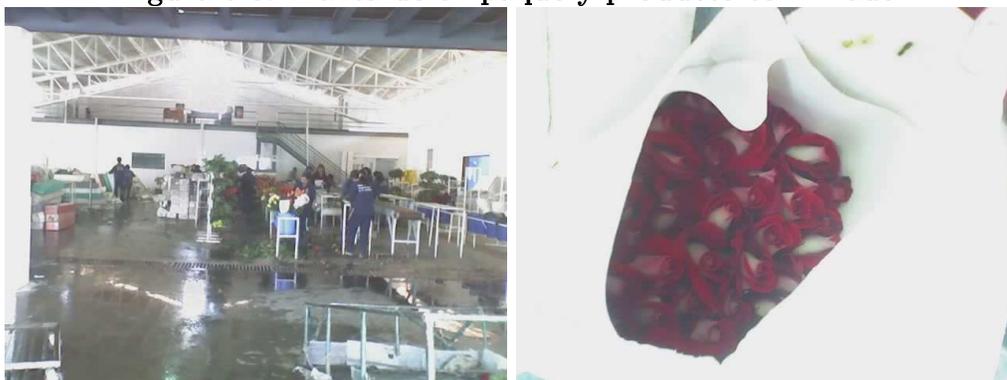
Figura 5.7: Rosa apta para corte.



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

Una vez cortadas las rosas se llevan al cuarto frío (figura 5.8), y se procede a organizarlas en cajas de 30 a 40 tallos dependiendo de la variedad.

Figura 5.8: Planta de empaque y producto terminado.



Fuente: Foto tomada por los autores - Cultivo MEGA & MYSTIQUE FLOWERS

5.3. MARCO CONCEPTUAL

5.3.1. CULTIVOS HIDROPÓNICOS

La hidroponía es una técnica que estudia los cultivos en agua, esta palabra se deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo).

Esta técnica se refiere a un medio artificial constituido por una solución nutritiva que contenga los elementos esenciales que necesita la planta para su crecimiento y desarrollo. Las raíces se colocan en un sustrato que debe de ser sólido y poroso, para que pueda circular la solución y no se estanque (lo cual propiciará el crecimiento de microorganismos que pudieran dañar la planta). Algunos de los sustratos que se utilizan son: la cascarilla de arroz, la grava, arenas, piedra pómez, aserrines, vermiculita, agrolita, entre otros.

Existen varios métodos de riego, los más comunes son:

- * Por irrigación superficial continua o discontinua.
- * Por esparcimiento de sales seguido de aspersión de agua.
- * Por subirrigación o circulación profunda a nivel constante (movimiento de abajo hacia arriba).

Los factores luz, temperatura y humedad, así como la elección del medio nutritivo son de gran importancia para que la planta de mejor rendimiento, es por esto que se deben considerar sus características particulares.[1]

5.3.1.1. Nutrientes

Las plantas verdes elaboran sus propios alimentos orgánicos por medio de la fotosíntesis; emplean dióxido de carbono y oxígeno como materias primas. Los nutrientes aportados por el suelo a las plantas son en su mayoría sales minerales. Los fisiólogos vegetales han descubierto que las plantas necesitan carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, calcio, hierro, manganeso, boro, cinc, cobre, y con mucha probabilidad, molibdeno.

Extraen carbono, hidrógeno y oxígeno en grandes cantidades del agua y del aire, pero el resto de los elementos suelen ser aportados por el suelo en forma de sales. Las cantidades relativas de estos elementos necesarias para un crecimiento normal difieren para cada planta, pero todas requieren proporciones grandes de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre y calcio. El hierro, el manganeso, el boro, el cinc, el cobre y el molibdeno se requieren en cantidades muy exiguas, y reciben el nombre de micro nutrientes o elementos vestigiales. Las sales específicas que se usan para proveer estos elementos varían a criterio del cultivador; una solución típica de minerales primarios se compone de agua destilada con nitrato de potasio KNO_3 , nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$, fosfato ácido de potasio KH_2PO_4 , y sulfato magnésico $MgSO_4$. En las soluciones, las sales se disocian en iones; el nitrato de potasio, por ejemplo, llega a las plantas en forma de los iones K^+ y NO_3^- . A la solución de elementos primarios se añaden sales de micro nutrientes para completarla, además de una pequeña cantidad de fungicida para impedir el crecimiento de mohos.[2]

5.3.1.2. Métodos de cultivo hidropónico.

Se emplean varias técnicas de cultivo. El método comercial más práctico es la subirrigación, en la que las plantas se cultivan en bandejas llenas de grava, escoria u otros materiales de grano grueso, que sufren una inundación periódica con una solución de nutrientes. Después se drena la solución, con lo que es posible reutilizarla mientras conserve suficientes minerales.

El método de cultivo en agua es muy utilizado en la experimentación botánica. Un tipo común de cultivo en agua emplea frascos de porcelana vidriada llenos de solución; las plantas se asientan sobre lechos de fibra de vidrio o un material similar, que se sustenta sobre la superficie del líquido. Las raíces de las plantas atraviesan estos lechos y penetran en la solución. El método menos exacto es el más fácil de emplear. Se utiliza arena gruesa y limpia en vez de tierra, y se vierte sobre ella la solución nutriente a intervalos regulares y en cantidades más o menos iguales. Una versión más refinada es el método del goteo, en el que se mantiene una aportación lenta y constante de nutrientes. El exceso de solución de nutrientes se drena en ambos métodos.

Los métodos de cultivo hidropónico se están usando con éxito para producir plantas fuera de estación en invernaderos y para cultivar plantas donde el suelo o el clima no son adecuados para una especie determinada; también se utilizan en zonas muy áridas, en suelos pobres o en aquellos susceptibles al ataque de parásitos. Durante la II Guerra Mundial,

por ejemplo, se cultivaron con éxito verduras por este procedimiento en varias bases de ultramar. En la década de 1960, el cultivo hidropónico se desarrolló a escala comercial en las regiones áridas de Estados Unidos donde se emprendieron también investigaciones en las universidades estatales. En otras regiones áridas, como el golfo Pérsico y los estados árabes productores de petróleo, está en marcha el cultivo hidropónico de tomates y pepinos; estos países continúan investigando sobre otros cultivos susceptibles de ser explotados por este método, dado que sus tierras cultivables son limitadas.[3]

5.3.1.3. Aspectos a considerar en los cultivos hidropónicos.

* El Agua de Riego.

Es básico conocer las características químicas del agua de riego. Hay que saber qué elementos nutritivos aporta por sí misma, para añadirle las cantidades que falten de cada elemento nutritivo hasta alcanzar los valores que se deseen. Se hacen necesarios análisis periódicos del agua de riego (al menos 2 al año).

Cuanto menos sales contenga, mucho mejor se podrá realizar y ajustar la solución nutritiva. No convienen aguas con elevados contenidos en elementos nocivos para los cultivos, como cloruros o sodio, ya que estos elementos no aportan prácticamente nada en lo que a nutrición se refiere y sin embargo salinizan el agua.

Al añadir el invernadero el resto de sales fertilizantes, aumenta la salinidad del agua, pudiendo llegarse a valores no adecuados para los cultivos.

* Solución Nutritiva.

Es la mezcla del agua y los abonos inyectados en el cabezal, que llega directamente al cultivo. En ella van todos y cada uno de los elementos nutritivos que el cultivo necesita.

Los macronutrientes que se añaden al agua de riego en proporciones determinadas, son:

* Nitrógeno, en forma de nitratos (NO_3^-)

* Fósforo, en forma de fosfatos ($PO_4H_2^-$)

- * Potasio, en forma K^+
- * Calcio, en forma Ca^{++}
- * Magnesio, en forma Mg^{++}
- * Azufre, en forma de sulfato (SO_4^-)

Deficiencia de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

En general, los síntomas visibles de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio estudiados en las plantas, pueden resumirse como sigue:

La deficiencia de nitrógeno produce notable enanismo en la planta y amarillez en las hojas. Las hojas jóvenes empiezan a amarillear un poco después que las hojas viejas. Las hojas afectadas mueren lentamente y permanecen adheridas a la planta durante algún tiempo. La planta deja de crecer tan pronto como empieza a amarillear.

La deficiencia de fósforo produce notable enanismo y la mayoría de las hojas, conservan un color verde oscuro anormal. En los casos graves, las hojas más viejas toman color verde grisáceo o verde púrpura y más tarde se ponen amarillas. La amarillez suele empezar en los bordes y progresa hacia el pecíolo. La hoja se cae con frecuencia antes de ponerse completamente amarilla. La planta deja de crecer tan pronto como las hojas empiezan a amarillear.

La deficiencia de potasio suele producir solamente un ligero enanismo de la planta y las hojas conservan su color verde oscuro normal, hasta que son afectadas por los daños característicos de la falta de potasio. El daño se manifiesta primero en las hojas viejas, en las que los bordes y los espacios entre los nervios toman color amarillo, conservando los nervios el color verde. Más tarde, las hojas toman un color pardo y van muriendo gradualmente a lo largo de los bordes por manchas aisladas. Permanecen adheridas a la planta por algún tiempo después de muertas.

Como micronutrientes se añaden:

- * Boro, en forma mineral.
- * Cobre, en forma quilatada.

- * Hierro, en forma quilatada.
- * Manganeso, en forma quilatada.
- * Molibdeno, en forma mineral.
- * Zinc, en forma quilatada.

La solución nutritiva es diferente en función del cultivo, el momento de desarrollo en que se encuentre y las condiciones climáticas del momento.[4]

5.3.1.4. Sustratos

Son los distintos medios físicos, distintos al suelo natural, en donde se desarrollan las raíces de los cultivos. Proporcionan un medio de reserva de agua y de aireación para las raíces. Pero a diferencia del suelo, por sí mismos no deben aportar ningún nutriente. Es importante conocer sus propiedades físicas en cuanto a capacidad de retención de agua y aireación principalmente. Estamos ante un sistema sin suelo, que no dispone del efecto "amortiguador" de la tierra normal.

En hidroponía, cualquier alteración, por exceso o por defecto en lo que a la fertirrigación se refiere, se refleja rápidamente en el cultivo, para bien o para mal.

Características de un sustrato:

- * Retener la humedad pero además debe facilitar la salida de los excesos de agua.
- * Ser liviano.
- * Ser abundante, fácil de conseguir y transportar.
- * Ser inerte.
- * Bajo costo.
- * Permitir la aireación de las raíces.
- * Las partículas deben tener un tamaño no inferior a 0,2 mm y no superior a 7 mm.

Características que no debe tener un sustrato:

- * No debe descomponerse o degradarse con facilidad.
- * No debe contener elementos nutritivos.
- * No debe contener microorganismos como bacterias u hongos perjudiciales a la salud de seres humanos o de las plantas.
- * No debe contener residuos industriales o humanos.
- * No debe contener polvo (partículas menores de 0,2 mm se eliminan por lavado).[5]

5.3.1.5. Manejo del invernadero

Este aspecto vuelve a ser una vez más el determinante para que se obtengan todas las ventajas de la técnica de la hidroponía. Con el manejo del invernadero, se ajustarán perfectamente las necesidades climáticas de los cultivos, comprendiendo las necesidades de temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica. Esta técnica será un fracaso, aunque se ajusten perfectamente los nutrientes, si el cultivo se encuentra por debajo de su temperatura mínima biológica; o por el contrario, en condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa, se producirá un cierre estomático que impedirá la absorción de una solución nutritiva, teóricamente perfecta. De ahí que el controlar todos estos factores se presenta como algo muy importante, mayor que la preparación de la propia solución nutritiva.[6]

5.3.1.6. Riego

En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrarle los nutrientes necesarios.

Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual con regadera, hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego.

Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y nutrientes, tuberías que conducen el agua y goteros o aspersores (emisores).

El tanque debe ser inerte con respecto a la solución nutritiva y de fácil mantenimiento, limpieza y desinfección. El criterio para seleccionar el tamaño puede variar por el cultivo, localidad, método de control de la solución nutritiva, etc. Cuanto más pequeño sea, más frecuente será la necesidad de controlar su volumen y composición.

La ubicación del tanque dependerá de la situación del cultivo. En caso de riego por gravedad, deberá tener suficiente altura para lograr buena presión en los goteros, si se riega utilizando una bomba, el tanque puede estar enterrado en el piso.

Las tuberías de PVC y mangueras de polietileno son las más baratas. El diámetro dependerá del caudal y longitud del tramo.

Uno de los sistemas más ventajosos es el riego por goteo mediante el cual el agua es conducida hasta el pie de la planta por medio de mangueras y vertida con goteros que la dejan salir con un determinado caudal. Mediante este sistema se aumenta la producción de los cultivos, disminuye los daños por salinidad, acortamiento del período de crecimiento (cosechas más tempranas), mejores condiciones fitosanitarias.

En el riego por aspersión el agua es llevada a presión por medio de tuberías y emitida mediante aspersores que simulan la lluvia.[7]

5.3.1.7. Ventilación

La ventilación de los cultivos hidropónicos es muy importante, especialmente los instalados en lugares cerrados, donde debe existir una buena circulación de aire fresco. Sin embargo las corrientes de aire, el humo, los gases y el polvo son muy perjudiciales.

Si el ambiente es muy seco debe humedecerse colocando recipientes con agua o rociando las hojas. El exceso de humedad provocará el desarrollo de enfermedades.

En lugares abiertos debe protegerse a los cultivos de vientos fuertes pues afecta la polinización de las flores secándolas e impide el vuelo de los insectos. Sin embargo, los vientos moderados suelen favorecer la circulación de la savia, facilitan la fecundación transportando el polen y renuevan el aire en el medio ambiente de la planta.[8]

5.3.1.8. Temperatura

Entre los varios factores que afectan a las plantas, la temperatura es de los más importantes. Las plantas que se establecen en un clima diferente al que las caracteriza, pueden presentar ciertos cambios de comportamiento. La modificación diaria de la temperatura es una situación habitual y no tiene efectos adversos sobre las plantas, mientras que los vientos fuertes y los cambios estacionales ejercen influencias decisivas.

El congelamiento es uno de los fenómenos más destructivos de las plantas, como también lo es el sol pleno durante el verano en lugares de clima muy cálido.[9]

5.3.1.9. Luz

La luz es un elemento vital para el crecimiento de las plantas, pero no todas necesitan la misma cantidad de luz. Es conveniente que los cultivos reciban la mayor cantidad posible, especialmente en invierno, por lo que es aconsejable colocarlos cerca de ventanas y en habitaciones pintadas de colores claros.

En lugares de poca luz se puede instalar un tubo fluorescente que no emite tanto calor como las lámparas de filamento.

Si se elige un lugar abierto debe procurarse que el sol no dé a pleno durante todas las horas del día. No se debe olvidar que existen especies que desarrollan mejor a la sombra.[10]

5.3.1.10. Limpieza y mantenimiento

La tarea principal consiste en mantener el cultivo hidropónico libre de polvo y desperdicios vegetales, pues estas condiciones antihigiénicas provocan enfermedades y la aparición de insectos.

Se debe verificar regularmente las condiciones del agregado, controlar la humedad y observar el vigor con que crecen las plantas. El agregado deberá tener el grado de humedad exacto, pues si es excesiva no permitirá la aireación de las raíces y la planta morirá.

No se debe olvidar el control de la luz y la temperatura. Cuando los cultivos se hacen al aire

libre deberán cubrirse en épocas de mucho calor y protegerlos de las lluvias excesivas para evitar que el agregado se anegue. Las lluvias moderadas no son problemáticas, pues riegan los canteros, pero deberá observarse que la solución nutritiva no se diluya demasiado.

Es muy útil registrar las fechas de siembra y cosecha. Al acercarse el período de cosecha se debe inspeccionar con frecuencia las condiciones en que se encuentran las plantas para decidir el momento en que se recogerán.

El transplante y la poda se harán en la forma acostumbrada, aunque el tutorado es conveniente hacerlo con hilo y atar las plantas a un alambrado que se colocará por encima de los recipientes de cultivo.

Después de la cosecha, si las plantas no prestan ninguna utilidad, se retirarán de los recipientes para desecharlas. Luego se lavará el agregado con abundante agua clara para que pueda ser utilizado nuevamente.[11]

5.3.2. SISTEMAS NEUMÁTICOS

* Actuador Neumático

Los actuadores realizan directamente el trabajo dentro de un sistema automático o semi-automático. Los tipos de actuadores están contruidos según las características propias de la aplicación.

Las características genéricas de un actuador son:

- * Principio operativo (doble efecto - simple efecto)
- * Diámetro del émbolo
- * Carrera de desplazamiento [12]

La fuerza disponible en un cilindro con presión P y diámetro D, está dada por:

$$F = 7,85 * P * D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{F}{7,85 * P}} \quad (5.1)$$

donde $P = \text{presión} [\text{bar}]$

$D = \text{diámetro de la camisa del cilindro} [\text{cm}]$

$F = \text{fuerza} [\text{N}]$.

* Caudal de los Actuadores

$$Q = \left(\frac{\pi * 10^6}{4} \right) D^2 s n P N \quad (5.2)$$

donde

$Q = \text{consumo de aire} [\text{L}/\text{min}]$

$D = \text{diámetro del cilindro} [\text{mm}]$

$s = \text{carrera del cilindro} [\text{mm}]$

$n = \text{número de ciclos por minuto} [1/\text{min}]$

$P = \text{presión absoluta} [\text{bar}] = \text{presión relativa de trabajo} + 1 \text{bar}$

$N = \text{número de efectos del cilindro} (N = 2 \text{ para doble efecto})$.

5.3.3. PLC

Programable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja con base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización por tanto, su aplicación abarca desde procesos

Figura 5.9: PLC.



Fuente: FESTO

de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, hasta control de instalaciones.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- * Espacio reducido.
- * Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- * Procesos secuenciales.
- * Maquinaria de procesos variables.
- * Instalaciones de procesos complejas y amplios.
- * Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ventajas

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a dar referencia a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

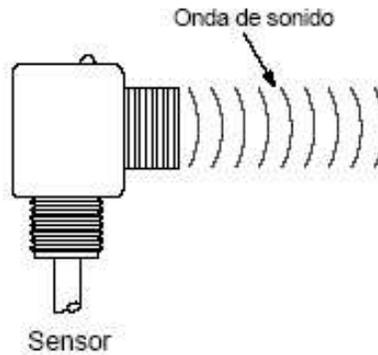
- * No es necesario dibujar el esquema de contactos
- * No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- * La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto, correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- * Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- * Mínimo espacio de ocupación.
- * Menor costo de mano de obra de la instalación.
- * Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- * Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- * Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- * Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.[13]

5.3.4. SENSORES ULTRASÓNICOS

Principios de operación

Los sensores ultrasónicos funcionan emitiendo y recibiendo ondas de sonido de alta frecuencia. La frecuencia generalmente es de aproximadamente $200kHz$, demasiado alto para ser detectado por el oído humano.

Figura 5.10: Principios de operación.



Fuente: FESTO

Modos de operación

Hay dos modos básicos de operación: modo opuesto y modo difuso (eco).

En el modo opuesto, un sensor emite la onda de sonido y otro, montado en posición opuesta al emisor, recibe la onda de sonido.

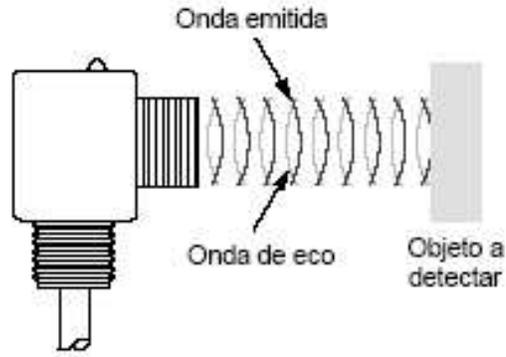
Figura 5.11: Modo de operación.



Fuente: FESTO

En el modo difuso, el mismo sensor emite la onda de sonido y luego escucha el eco que rebota de un objeto.

Figura 5.12: Modo difuso.

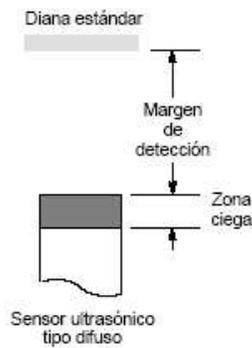


Fuente: FESTO

Margen de detección

El rango de detección es la distancia dentro de la cual el sensor ultrasónico detectará un objeto bajo fluctuaciones de temperatura y voltaje.

Figura 5.13: Margen de detección.



Fuente: FESTO

Zona ciega

Los sensores ultrasónicos tienen una zona ciega inherente ubicada en la cara de detección. El tamaño de la zona ciega depende de la frecuencia del transductor. Los objetos ubicados dentro de la zona ciega no se pueden detectar de manera confiable.

Consideraciones sobre el objeto

Se deben tener en cuenta ciertas características de los objetos cuando se usan sensores

ultrasónicos. Éstas incluyen la forma, el material, la temperatura, el tamaño y la posición del objeto.

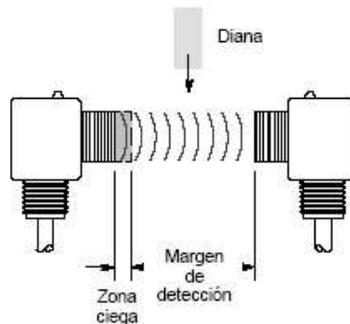
Los materiales suaves tales como telas o caucho esponjoso son difíciles de detectar por la tecnología ultrasónica difusa porque no reflejan el sonido adecuadamente.

El objeto estándar para un sensor ultrasónico tipo difuso está establecido por el estándar de la Comisión.

Electrotécnica Internacional IEC 60947 – 5 – 2. El objeto estándar tiene forma cuadrada, un grosor de 1 mm y está hecho de metal con acabado laminado. El tamaño del objeto depende del margen de detección.

Para los sensores ultrasónicos de modo opuesto, no hay un estándar establecido.

Figura 5.14: Objetos estándar.



Fuente: FESTO

Los objetos estándar se usan para establecer los parámetros de rendimiento de los sensores. El usuario debe tener en consideración las diferencias de rendimiento debido a objetos no estándares.

5.3.5. TUBERÍA PVC

El policloruro de vinilo o PVC (del inglés Poly Vinyl Chloride) es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los $80^{\circ}C$ y se descompone sobre $140^{\circ}C$. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroeteno. Tiene una

muy buena resistencia eléctrica y a la llama. Existen dos clases de PVC: flexible y rígido. El rígido se utiliza para la fabricación de tuberías, las cuales han reemplazado en gran medida al hierro (que se oxida más fácilmente); al igual que él, el PVC se utiliza para paneles u otros objetos moldeados.

En la industria existen dos tipos:

Rígido: para envases, tuberías, ventanas.

Flexible: cables, juguetes, calzados, pavimentos, recubrimientos, techos tensados.

Entre sus características están su alto contenido en halógenos. Es dúctil y tenaz; presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental. Además, es reciclable por varios métodos.

5.3.6. EJES

Es un elemento de máquina con geometría fundamentalmente axisimétrica, que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo de torsión, a diferencia del árbol de transmisión.

Cálculo de Ejes

Para el límite de resistencia a la fatiga se calcula por medio de la siguiente ecuación. [14]

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e \quad (5.3)$$

donde

K_a → Factor de modificación de la condición superficial.

K_b → Factor de modificación del tamaño (determinística).

K_c → Factor de modificación de la carga.

K_d → Factor de modificación de la temperatura.

K_e → Factor de modificación de efectos varios.

S'_e → Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

S_e → Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

De esta forma para hallar cada variable se tienen las siguientes ecuaciones:

Factor de superficie:

$$K_a = aS_{ut}^{-b} \quad (5.4)$$

Donde los valores de a y b es tan dados en la tabla No. A.2 (APÉNDICE A)

La resistencia a la tensión S_{ut} y la resistencia a la sedancia s_y de acuerdo al acero escogido se determinan con la tabla No. A.1 (APÉNDICE A)

Factor de tamaño:

De acuerdo al rango del parámetro d (2,79 y 51mm) se seleccionó la ecuación

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,107} \quad (5.5)$$

Factor de carga:

El factor de carga debido a torsión se describe con:

$$K_c = 0,328S_{ut}^{-0,125} \quad (5.6)$$

Factor de temperatura:

$$K_d = 1$$

Factor de modificación a efectos varios:

$$K_e = 1$$

Limite de resistencia a la fatiga en la viga rotatoria:

$$S'^e = 0,506S_{ut} \quad (5.7)$$

Se debe hallar el esfuerzo flexionante máximo:

$$\rho = K_f \frac{M}{I/c} \quad (5.8)$$

Donde M es el momento flector, el módulo de sección se da por $\frac{I}{c} = \frac{\pi d^3}{32}$

y el factor de concentración de esfuerzo a la fatiga K_f esta dado por la ecuación:

$$K_f = \frac{K_t}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \frac{K_t - 1}{K_t} \sqrt{a}} \quad (5.9)$$

El Valor de \sqrt{a} está dado por la tabla No. A.3 (APÉNDICE A) y para hallar el factor de concentración de esfuerzo K_t se utiliza:

$$K_t = 0,632 + 0,377 \left(\frac{D}{d}\right)^{-4,4} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,5} \sqrt{\frac{-0,14 - 0,363(D/d)^2 + 0,503(D/d)^4}{1 - 2,39(D/d)^2 + 3,368(D/d)^4}} \quad (5.10)$$

D es el diámetro de la polea.

5.3.7. RODAMIENTOS

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

Los rodamientos se denominan también cojinetes no hidrodinámicos. Teóricamente, estos cojinetes no necesitan lubricación, ya que las bolas o rodillos ruedan sin deslizamiento dentro de una pista. Sin embargo, como la velocidad de giro del eje no es nunca exactamente constante, las pequeñas aceleraciones producidas por las fluctuaciones de velocidad producen un deslizamiento relativo entre bola y pista. Este deslizamiento genera calor. Para disminuir esta fricción se lubrica el rodamiento creando una película de lubricante entre las bolas y la pista de rodadura.

Las bolas, en su trayectoria circular, están sometidas alternativamente a cargas y descargas, lo que produce deformaciones alternantes, que a su vez provocan un calor de histéresis que se debe eliminar. Dependiendo de estas cargas, el cojinete se lubricará simplemente por grasa o por baño de aceite, que tiene mayor capacidad de disipación de calor.

Rodamientos rígidos de bolas.

Robustos, versátiles y silenciosos. Pueden funcionar a altas velocidades y son fáciles de montar. Los rodamientos de una hilera también están disponibles en versiones obturadas; están lubricados de por vida y no necesitan mantenimiento. Los rodamientos de una hilera con escote de llenado y los de dos hileras son adecuados para cargas pesadas.

Procedimientos para la selección de rodamiento rígido de bolas según catalogo SKF.

El valor de C/P esta determinado por la tabla No. B.1 (APÉNDICE B)

Para obtener la carga estática equivalente se tiene:

$$P_0 = 0,65F_r + 0,5F_a \quad (5.11)$$

Donde $P_0 < F_r$

El factor de seguridad estático es:

$$S_0 = 2$$

La capacidad de carga elástica esta dada por la ecuación:

$$C_0 = P_0 S_0 \quad (5.12)$$

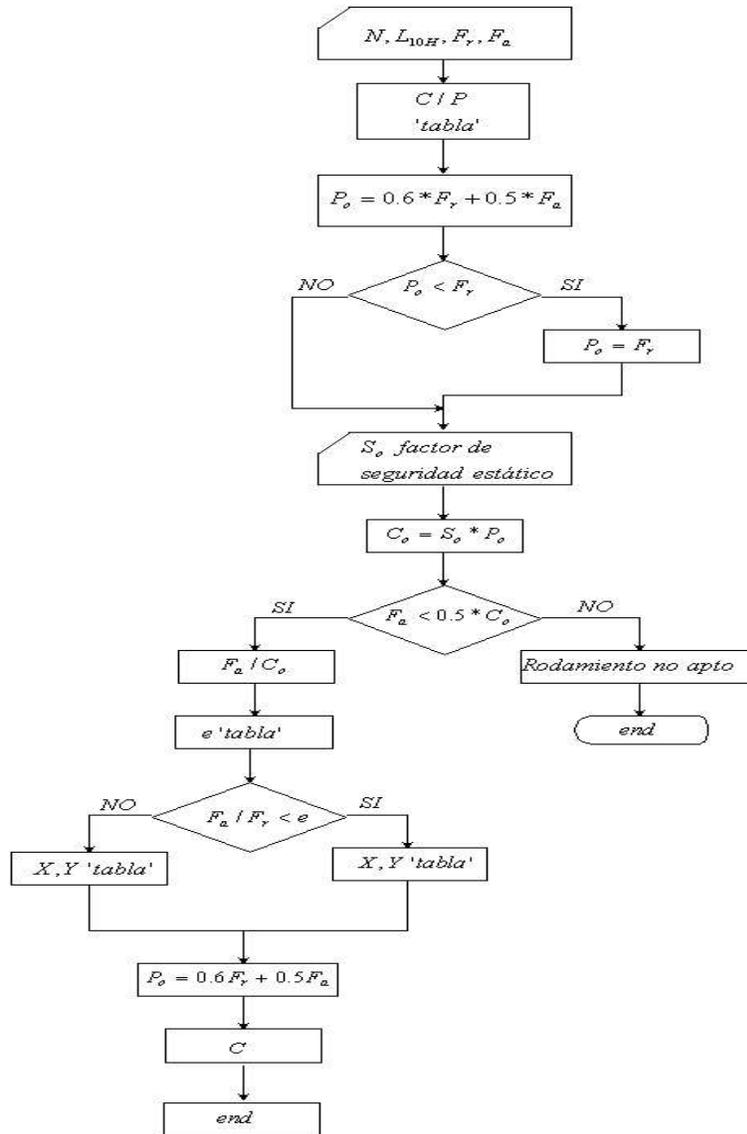
Para un rodamiento rígido de bolas con juego normal se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{F_a}{F_r} &\leq e \\ x &= 1 \\ y &= 0 \end{aligned}$$

$$P = xF_r + yF_a \quad (5.13)$$

Método para la selección de rodamiento rígido de bolas.

Figura 5.15: Diagrama de flujo de rodamiento rígido de bolas.



Fuente: Autores

5.3.8. GUAYA

Es un cable de acero trenzado que se utiliza para acarrear o levantar carga.

Figura 5.16: Guaya.**Fuente: Autores**

5.3.9. CREMALLERA PIÑÓN

El sistema esta conformado por un piñón que engrana una cremallera.

5.3.9.1. Cremallera

Cuando la cremallera se mueve, sus dientes empujan al piñón consiguiendo que este gire y obteniendo en su eje un movimiento giratorio este movimiento permite accionar el sistema de las cortinas.

La relación entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V) depende de dos factores: el número de dientes del piñón (Z) y el número de dientes por centímetro de la cremallera (n).

Por cada vuelta completa del piñón la cremallera se desplazará avanzando tantos dientes como tenga el piñón. Por tanto se desplazará una distancia:

$$d = \frac{Z}{n} \quad (5.14)$$

Y la velocidad del desplazamiento será:

$$V = N \left(\frac{Z}{n} \right) \quad (5.15)$$

Si la velocidad de giro del piñón (N) se da en rev/min (r.p.m.), la velocidad lineal de la cremallera (V) resultará en cm/min.

5.3.9.2. Piñón

Es una rueda con el perímetro totalmente cubierto de dientes. El tipo más común de rueda dentada lleva los dientes rectos (longitudinales) aunque también las hay con los dientes curvos, oblicuos.

Para conseguir un funcionamiento correcto, este operador suele girar solidario con su eje, por lo que ambos se ligan mediante una unión desmontable que emplea otro operador denominado chaveta.

El paso circular p es la distancia medida sobre el círculo de paso desde un punto en un diente a un punto correspondiente en un diente adyacente. El módulo $\rightarrow m$ [mm] representa la relación del diámetro de paso con el número de dientes.

$$d = mZ \quad (5.16)$$

donde

d =Diámetro de paso [mm]

m =Modulo [mm]

Z =Número de dientes

El paso circular esta representado por la ecuación:

$$p = m\pi \quad (5.17)$$

Las normas AGMA ANSI/AGMA 2101 – C5 y 2110 – C5 contiene las siguientes advertencias:

El factor dinámico K_v se ha redefinido como el recíproco del empleado en las normas anteriores AGMA, ahora es mayor que 1. En normas AGMA anteriores era menor que 1.

Para efectos de cálculos se usará K'_v en todas las ecuaciones con su nuevo valor con el fin de reducir confusiones.

$$V = \frac{dN\pi}{12} \quad (5.18)$$

donde

V =Velocidad [m/s]

d =diámetro de paso [mm]

N =velocidad de giro del piñón [rev/min]

Factor dinámico para dientes cortados o fresados:

$$K'_v = \frac{6,1 + \nu}{6,1} \quad (5.19)$$

El factor de Lewis (Y) se determina usando la tabla No.C.1 (APÉNDICE C)

La resistencia a la tensión S_{ut} [MPa] y la resistencia a la sedancia S_y [MPa] de acuerdo al acero escogido se encuentran de la tabla No.C.3 (APÉNDICE C).

$$\sigma = \frac{K'_v W^t F_s}{m F Y} \quad (5.20)$$

Donde $W^t(N)$ es el componente tangencial de la carga.

La regla general para el ancho de cara dice que debe estar entre 3 y 5 veces el paso circular p .

$$W^t = \frac{m F Y \sigma_{perm}}{K'_v} \quad (5.21)$$

La potencia transmitida se obtiene por medio de:

$$P = W^t V \quad (5.22)$$

usando el criterio de Von Mises el límite de la resistencia a la fatiga se determina:

$$S'_e = 0,506 S_{ut} \quad (5.23)$$

Donde los valores de a y b es tan dados por la tabla No.C.4 (APÉNDICE C)

$$K_a = a S_{ut}^{-b} \quad (5.24)$$

Para determinar el factor de tamaño K_b se halla:

$$l = m + 1,25m \quad (5.25)$$

$$x = \frac{3Ym}{2} \quad (5.26)$$

$$t = \sqrt{4lx} \quad (5.27)$$

Se debe determinar el diámetro equivalente de la viga rotatoria, debido a que el diente es considerado como una viga en voladizo de sección transversal, esta dada por:

$$d_e = 0,808 \sqrt{F_t} \quad (5.28)$$

$$K_b = \left(\frac{d_e}{0,30} \right)^{-0,107} \quad (5.29)$$

El factor de carga K_c va ser uno igual que el factor de temperatura K_d .

σ es el esfuerzo máximo flexionante y esta expresado por la ecuación:

$$\sigma = 1,33 S'_e \quad (5.30)$$

El factor Marín de efectos diversos K_e se halla con:

$$K_e = \frac{\sigma}{S'_e} \quad (5.31)$$

Para un diente de altura completa a 20° , el radio de raíz del entalle se denota r_f donde:

$$r_f = 0,3m \quad (5.32)$$

$\frac{D}{d} = 3$ se aproxima a este valor porque tiende a ∞ .

Diseño del piñón.

Para hallar el diámetro primitivo se tiene que:

$$D = Nm \quad (5.33)$$

La cabeza a esta representada por:

$$a = \frac{1}{p} \quad (5.34)$$

Donde $a = m$

El diámetro exterior se halla con:

$$d_e = (N + 2)m \quad (5.35)$$

El diámetro interior esta dado por:

$$d_f = (2,314)m \quad (5.36)$$

y el diámetro base por:

$$D_b = D \cos(\theta) \quad (5.37)$$

Factor de seguridad del piñón en flexión.

Para hallar el factor de seguridad del piñón por flexión se utilizan la norma AGMA 2001 – c95.

El número de esfuerzo flexionante permisible para aceros completamente endurecidos.[15]

$$\sigma_{FP} = 0,533HB + 88,33 \quad (5.38)$$

La dureza Brinell depende del tipo de material escogido.[16]

El factor de ciclos de esfuerzo repetidamente aplicados de resistencia a la flexión Y_N . (Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina 935).

Donde N es el número de ciclos de durabilidad óptima.

El factor de confiabilidad toma en cuenta el efecto de las distribuciones estadísticas de las fallas por fatiga del material.

La confiabilidad es:

$$\begin{aligned} k &= 0,85 \\ K_R &= 0,658 - 0,0759 \ln(1 - R) \\ 0,5 &\leq R \leq 0,999 \end{aligned} \quad (5.39)$$

El esfuerzo flexionante según las normas AGMA esta dado por:

$$\sigma = w^t K_o K'_\nu K_s \frac{pd K_m K_s}{F J} \quad (5.40)$$

Los factores sobre carga K_o según las normas AGMA.

$$K_o = 1,25$$

El factor dinámico se toma en cuenta para las imprecisiones en la fabricación y acoplamiento de dientes de engranes en movimiento.

$$K'_\nu = \left(\frac{A + \sqrt{200\nu}}{A} \right)^B \quad (5.41)$$

Donde

$$\begin{aligned} A &= 50 + 56(1 - B) \\ B &= 0,25(12 - Q_\nu)^{\frac{2}{3}} \end{aligned} \quad (5.42)$$

La calidad de maquinado Q_ν es 7 y $K_s = 1$.

El factor de distribución de carga K_m esta dado por:

$$K_m = 1 + C_{mc}(C_{pf} C_{pm} C_e) \quad (5.43)$$

Teniendo en cuenta que se usan dientes sin coronar $C_{mc} = 1$

$$C_{pf} = \frac{F}{10d} - 0,025 \quad (5.44)$$

además $C_{pm} = 1$ para piñón montado por separado.

$$C_{ma} = A + BF + CF^2 \quad (5.45)$$

$$C_e = 0,8$$

$$K_B = 1$$

$$J = 0,30$$

$$S_F = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma} \quad (5.46)$$

Factor de seguridad del piñón en Desgaste.

Para hallar el factor de seguridad del piñón por flexión se utiliza la norma AGMA 2001 – c95.

El esfuerzo de contacto AGMA esta dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma = C_p \left(W^t K_o K' \nu K_s \frac{K_m C_f}{d_p f I} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5.47)$$

El coeficiente estático C_p se halla de acuerdo al material del piñón.[16]

$$\sigma_{C,perm} = \frac{S_c Z_N C_H}{S_H K_t K_R} \quad (5.48)$$

Donde el factor C_H es usado solo para la corona.

La resistencia de contacto repetidamente aplicada S_c .[17]

El factor de ciclos de esfuerzos de resistencia a la picadura Z_N .[20]

$$Z_N = 2,366 N^{-0,056} \quad (5.49)$$

Se tiene que el factor de seguridad al desgaste [19] es:

$$S_H = \frac{S_c Z_N C_H}{(K_T K_B) \sigma_c} \quad (5.50)$$

Para saber por que factor de seguridad va a fallar el piñón se compara la flexión y el desgaste.

$$S_f = S_H^2 \quad (5.51)$$

5.3.10. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Consiste en aportar el agua de manera localizada justo al pie de cada planta. Los encargados de ello son los goteros o emisores. Estos pueden ser:

- * Integrados en la propia tubería.
- * De botón, que se pinchan en la tubería.
- * Los más baratos son los integrados NO AUTOCOMPENSANTES.

Lo goteros que se pinchan resulta más prácticos para jardineras o zonas donde las plantas estén más desperdigadas y se pincha ahí donde se necesiten.

El riego por goteo tiene las siguientes ventajas:

- * Ahorra agua.
- * Se mantienen un nivel de humedad en el suelo constante, sin encharcamiento.
- * Se pueden usar aguas ligeramente salinas, ya que la alta humedad mantiene las sales más diluidas. Si se usa agua salina, aporta una cantidad extra de agua para lavar las sales a zonas más profundas por debajo de las raíces.
- * Con el riego por goteo se puede aplicar fertilizantes disueltos y productos fitosanitarios directamente a la zona radicular de las plantas.

5.3.10.1. Accesorios

Codos

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Tipos

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y son fundidos en una sola pieza con características específicas. Estos son:

- * Codos estándar de 45°
- * Codos estándar de 90°
- * Codos estándar de 180°

Características

- * **Diámetro.** Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde $\frac{1}{4}$ " hasta 120". También existen codos de reducción.
- * **Ángulo.** Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.
- * **Radio.** Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extralargo.
- * **Espesores** una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.
- * **Aleación.** Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero a % de cromo, acero inoxidable, galvanizado, etc.
- * **Junta.** Es el procedimiento que se emplea para pegar un codo con un tubo, u otro accesorio y esta puede ser: soldable a tope, roscable, embutible y soldable.
- * **Dimensión.** Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante fórmulas existentes.

T

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y schedule y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Tipos

- * Diámetros iguales o T de recta
- * Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

Características

- * Diámetro. Las tes existen en diámetros desde $\frac{1}{4}$ " hasta 72" en el tipo Fabricación.
- * Espesor. Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada y ellos existen desde el espesor fabricación hasta el doble extrapesado.
- * Aleación. Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.
- * Juntas. Para instalar las te en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.
- * Dimensión. Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la te.

Reducción

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.

Tipos

- * Estándar concéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.
- * Estándar excéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje.

Características

- * Diámetro. Es la medida del accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo, y varia desde $\frac{1}{4}$ " x $\frac{3}{8}$ " hasta diámetros mayores.
- * Espesor. Representa el grosor de las paredes de la reducción dependerá de los tubos o accesorios a las cuales va a ser instalada. Existen desde el espesor estándar hasta el doble extrapesado.
- * Aleación. Es la mezcla utilizada en la fabricación de reducciones, siendo las más usuales: al carbono, acero al % de cromo, acero inoxidable, etc.

- * Junta. Es el tipo de instalación a través de juntas roscables, embutibles soldables y soldables a tope.
- * Dimensión. Es la medida de boca a boca de la reducción Concéntrica y excéntrica).

Válvulas

Es un accesorio que se utiliza para regular y controlar el fluido de una tubería. Este proceso puede ser desde cero (válvula totalmente cerrada), hasta de flujo (válvula totalmente abierta), y pasa por todas las posiciones intermedias, entre estos dos extremos.

Tipos y Características. Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Las válvulas de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican como se especifica a continuación.

- * Válvula de Globo: Siendo de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado respectivamente. Las válvulas de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso. Por lo tanto, se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas. El cierre estanco se logra con obturadores provistos de una arandela de teflón. En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Por este motivo se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas son mayores que en una válvula de simple asiento.
- * Válvula en Ángulo: Permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es adecuada para disminuir la erosión cuando esta es considerable por las características del fluido o por la excesiva presión diferencial. El diseño de la válvula es idóneo para el control de fluidos que vaporizan, para trabajar con grandes presiones diferenciales y para los fluidos que contienen sólidos en suspensión.
- * Válvula de tres vías: Este tipo de válvula se emplea generalmente para mezclar fluidos, o bien para derivar un flujo de entrada dos de salida. Las válvulas de tres vías intervienen típicamente en el control de temperatura de intercambiadores de calor.

- * **Válvula de Jaula:** Consiste en un obturador cilíndrico que desliza en una jaula con orificios adecuados a las características de caudal deseadas en la válvula. Se caracteriza por el fácil desmontaje del obturador y por que este puede incorporar orificios que permiten eliminar prácticamente el desequilibrio de fuerzas producido por la presión diferencial favoreciendo la estabilidad del funcionamiento. Por este motivo este tipo de obturador equilibrado se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. Como el obturador esta contenido dentro de la jaula, la válvula es muy resistente a las vibraciones y al desgaste. Por otro lado, el obturador puede disponer de aros de teflón que, con la válvula en posición cerrada, asientan contra la jaula y permiten lograr así un cierre hermético.
- * **Válvula de Compuerta:** Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando esta en posición de apertura total.
- * **Válvula en Y:** Es adecuada como válvula de cierre y de control. Como válvula todo-nada se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una gran capacidad de caudal. Posee una característica de auto drenaje cuando esta instalada inclinada con un cierto ángulo. Se emplea usualmente en instalaciones criogénicas.
- * **Válvula de Cuerpo Partido:** Es una modificación de la válvula de globo de simple asiento teniendo el cuerpo partido en dos partes entre las cuales esta presionado el asiento. Esta disposición permite una fácil sustitución del asiento y facilita un flujo suave del fluido sin espacios muertos en el cuerpo. Se emplea principalmente para fluidos viscosos y en la industria alimentaría.
- * **Válvula Saunders:** El obturador es una membrana flexible que a través de un vástago unido a un servomotor, es forzada contra un resalte del cuerpo cerrando así el paso del fluido. La válvula se caracteriza por que el cuerpo puede revestirse fácilmente de goma o de plástico para trabajar con fluidos agresivos. Tiene la desventaja de que el servomotor de accionamiento debe ser muy potente. Se utiliza principalmente en procesos químicos difíciles, en particular en el manejo de fluidos negros o agresivos o bien en el control de fluidos conteniendo sólidos en suspensión.
- * **Válvula de Compresión:** Funciona mediante el pinzamiento de dos o más elementos flexibles, por ejemplo, un tubo de goma. Igual que las válvulas de diafragma se

caracterizan porque proporcionan un óptimo control en posición de cierre parcial y se aplican fundamentalmente en el manejo de fluidos negros corrosivos, viscosos o conteniendo partículas sólidas en suspensión.

- * Válvula de Obturador excéntrico rotativo: Consiste en un obturador de superficie esférica que tiene un movimiento rotativo excéntrico y que esta unido al eje de giro por uno o dos brazos flexibles. El eje de giro sale al exterior del cuerpo y es accionado por el vástago de un servomotor. El par de este es reducido gracias al movimiento excéntrico de la cara esférica del obturador. La válvula se caracteriza por su gran capacidad de caudal, comparable a las válvulas mariposa y a las de bola y por su elevada pérdida de carga admisible.
- * Válvula de obturador cilíndrico excéntrico: Tiene un obturador cilíndrico excéntrico que asienta contra un cuerpo cilíndrico. El cierre hermético se consigue con un revestimiento de goma o teflón en la cara del cuerpo donde asienta el obturador. La válvula es de bajo costo y tiene una capacidad relativamente alta es adecuada para fluidos corrosivos y líquidos viscosos o conteniendo sólidos en suspensión.
- * Válvula de Mariposa: El cuerpo esta formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula esta totalmente abierta (en control todo-nada se consideran 90 grados y en control continuo 60 grados, a partir de la posición de cierre ya que la última parte del giro es bastante inestable), siempre que la presión diferencial permanezca constante. En la sección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de presión a baja presión.
- * Válvula de Bola: El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula esta cerrada. En posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño a 75 % del tamaño de la tubería. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión.

Una válvula de bola típica es la válvula de macho que consiste en un macho de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90 grados. Se utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.

- * Válvula de Orificio Ajustable: El obturador de esta válvula consiste en una camisa de forma cilíndrica que esta perforada con dos orificios, uno de entrada y otro de salida y que gira mediante una palanca exterior accionada manualmente o por medio de un servomotor. El giro del obturador tapa parcial o totalmente las entradas y salidas de la válvula controlando así el caudal. La válvula incorpora además una tajadera cilíndrica que puede deslizarse dentro de la camisa gracias a un macho roscado de accionamiento exterior. La atajadera puede así fijarse manualmente en una posición determinada para limitar el caudal máximo. La válvula es adecuada en los casos en que es necesario ajustar manualmente el caudal máximo del fluido, cuando el caudal puede variar entre límites amplios de forma intermitente o continua y cuando no se requiere un cierre estanco. Se utiliza para combustibles gaseosos o líquidos, vapor, aire comprimido y líquidos en general.
- * Válvula de Flujo Axial: Las válvulas de flujo axial consisten en un diagrama accionado neumáticamente que mueve un pistón, el cual a su vez comprime un fluido hidráulico contra un obturador formado por un material elastómero. De este modo, el obturador se expande para cerrar el flujo anular del fluido. Este tipo de válvulas se emplea para gases y es especialmente silencioso. Otra variedad de la válvula de flujo axial es la válvula del manguito a través de un flujo auxiliar a una presión superior a la del propio fluido. Se utiliza también para gases.

5.3.11. AGITADOR

Una de las partes fundamentales de un tanque de agitado es el agitador, el cual crea un cierto tipo de flujo dentro del sistema, dando lugar a que el líquido circule por todo el recipiente y vuelva de vez en cuando al agitador; éste dispositivo va instalado sobre un eje suspendido que es accionado por un motor que a veces se encuentra conectado directamente al mismo, pero comúnmente el motor está conectado a una caja reductora de velocidad la cual finalmente acciona el eje.

Tipos de Agitadores

De acuerdo con lo expresado por McCabe, los agitadores se dividen en dos clases. Los que generan corrientes paralelas al eje del impulsor que se denominan impulsores de flujo axial; y aquellos que generan corrientes en dirección radial tangencial que se llaman impulsores de flujo radial.

Los tres tipos principales de agitadores son, de hélice, de paletas, y de turbina. A continuación se describen brevemente:

* Agitadores de Hélices

Un agitador de hélice, es un agitador de flujo axial, que opera con velocidad elevada y se emplea para líquidos pocos viscosos. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque. La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado, generando un efecto considerablemente mayor que el que se obtendría mediante una columna equivalente creada por una boquilla estacionaria.

Las palas de la hélice cortan o friccionan vigorosamente el líquido. Debido a la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño. En tanques de gran altura, pueden disponerse dos o más hélices sobre el mismo eje, moviendo el líquido generalmente en la misma dirección. A veces dos agitadores operan en sentido opuesto creando una zona de elevada turbulencia en el espacio comprendido entre ellos.

* Agitadores de Paletas

Para problemas sencillos, un agitador eficaz está formado por una paleta plana, que gira sobre un eje vertical. Son corrientes los agitadores formados por dos y tres paletas. Las paletas giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo. Las paletas también pueden adaptarse a la forma del fondo del tanque, de tal manera que en su movimiento rascan la superficie o pasan sobre ella con una holgura muy pequeña.

A velocidades muy bajas, un agitador de paletas produce una agitación suave, en

un tanque sin placas deflectoras o cortacorrientes, las cuales son necesarias para velocidades elevadas, ya que de lo contrario el líquido se mueve como un remolino que gira alrededor del tanque, con velocidad elevada pero con poco efecto de mezcla.

* Agitadores de Turbina

La mayor parte de ellos se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado.

Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas deflectoras o un anillo difusor, con el fin de que el rodete sea más eficaz.

* Patrones de Flujos en Tanques Agitados

El tipo de flujo que se produce en un tanque agitado, depende del tipo de rodete, de las características del fluido, tamaño y proporciones del tanque, placas deflectoras y agitador. La velocidad del fluido en un punto del tanque tiene tres componentes y el tipo de flujo global en el mismo, depende de las variaciones de estas tres componentes de la velocidad, de un punto a otro.

La primera componente de velocidad es radial y actúa en dirección perpendicular al eje del rodete. La segunda es longitudinal y actúa en dirección paralela al eje. La tercera es tangencial o rotacional, y actúa en dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el rodete.

Para el caso corriente de un eje vertical, las componentes radial y tangencial están en un plano horizontal y la componente longitudinal es vertical. Las componentes radial y longitudinal son útiles porque dan lugar al flujo necesario para que se produzca la mezcla. Cuando el eje es vertical y está dispuesto en el centro del tanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial para la mezcla. El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje y crea un vórtice en la superficie del líquido que debido a la circulación en flujo laminar, da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles, de sustancias sin mezclar, sin que exista flujo longitudinal de un nivel a otro.

Si están presentes partículas sólidas, las corrientes circulatorias tienden a lanzar las partículas contra la pared del tanque, debido a la fuerza centrífuga, desde donde caen acumulándose en la parte central del fondo del tanque. Por consiguiente en vez de mezcla, se produce la acción contraria, concentración.

En un tanque sin placas deflectoras, el flujo circulatorio es inducido por todos los tipos de rodete, tanto si el flujo es axial como radial. Si los remolinos son intensos, el tipo de flujo dentro del tanque es esencialmente el mismo, independientemente del diseño del rodete. Para velocidades de giro del rodete elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que llegue al rodete mismo, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él, lo cual normalmente debe evitarse.

5.3.12. BOMBAS

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en energía cinética y potencial requerida. Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Por tanto, la carga o energía de la bomba en pie-lb/lb se debe expresar en pies.

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extenso en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier servicio. Son comunes las que tienen capacidades entre 5000 y 6000 galones por minuto. Las cargas pueden ser hasta de 150 a 180 [m] (500 a 600 [pies]) con motores eléctricos de velocidad estándar. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales.

Constituyen no menos del 80 % de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para manejar más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de pulsaciones de baja frecuencia.

5.3.13. DISEÑO HIDRÁULICO

5.3.13.1. Concepto de caudal

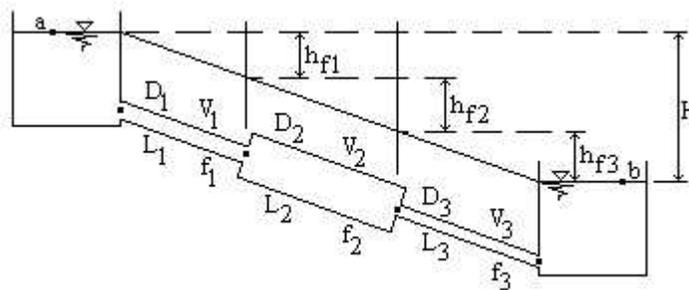
Cuando se mide el agua que pasa por un riachuelo o río, por una tubería, por una sección normal de una corriente de agua, o cuando se mide el volumen del agua que produce un pozo o una mina, o la que entra o sale de una planta de tratamiento, por unidad de tiempo, se conoce el caudal.

El caudal se define, entonces, como el volumen del líquido que pasa por una sección normal de una corriente de agua en una unidad de tiempo.

5.3.13.2. Tuberías en serie

Las tuberías en serie son aquel conjunto de tuberías que forman parte de una misma conducción y que tienen diferente diámetro.

Figura 5.17: Tuberías en serie.



Fuente: Hidráulicas de controles cerrados

Para obtener una solución al problema se deben considerar lo siguiente:

Continuidad:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (5.52)$$

Donde Q es caudal

Velocidad media:

$$V_i = Q \frac{4}{\pi D_i^2} \quad (5.53)$$

D_i es el diámetro interno de la tubería.

Factor de fricción:

Moody:

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = 1,14 - 2 \text{Log} \left(\frac{\varepsilon_i}{D_i} + \frac{21,25}{(Re_i)^{0,9}} \right) \quad (5.54)$$

Donde

$\varepsilon_i \rightarrow$ aspereza del material de la tubería.

$f_i \rightarrow$ factor de fricción.

$Re_i \rightarrow$ número de Reynolds.

Para una tubería equivalente:

$$H_T = \frac{16 Q^2}{\pi 2g} \left(f_e \frac{L_e}{D_e^5} \right) \quad (5.55)$$

$H_T \rightarrow$ pérdidas debido a los accesorios y al rozamiento por fricción.

$L_e \rightarrow$ la longitud de la tubería.

5.3.13.3. Tuberías en paralelo

El caudal total que se quiere transportar se divide entre las tuberías existentes y que la pérdida de carga en cada una de ellas es la misma.

Las ecuaciones que describen el sistema son:

Continuidad:

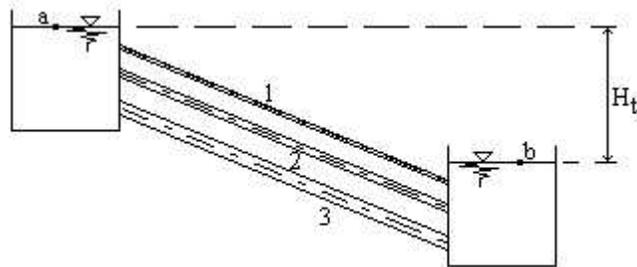
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5.56)$$

Donde Q es caudal

Velocidad media:

$$V_i = Q_i \frac{4}{\pi D_i^2} \quad (5.57)$$

Figura 5.18: Tuberías en paralelo.



Fuente: Hidráulicas de controles cerrados

D_i es el diámetro interno de la tubería.

Capítulo 6

DISEÑO INGENIERIL

En este capítulo se describe detalladamente los pasos que se siguieron para la elaboración del diseño así como los dispositivos adecuados para el mismo.

Los factores importantes de un cultivo hidropónico son: luz, temperatura, pH, nutrientes y humedad. Para la luz se diseñó el invernadero de tal forma que permite entrar demasiada luz pero no directamente, esto debido a que la luz es el 85 % del proceso de la rosa. Por eso el sistema de ventilación fue diseñado en la parte lateral del invernadero, permitiendo también que circule gran cantidad de aire.

Para la temperatura se diseñó un sistema de ventanas, por medio de sensores accionan un dispositivo para abrirlas o cerrarlas, para mantener un nivel de temperatura adecuado para el invernadero.

El pH se monitoreará por medio de un sensor, el cual permite al agrónomo verificarlo antes de enviar los nutrientes a las rosas.

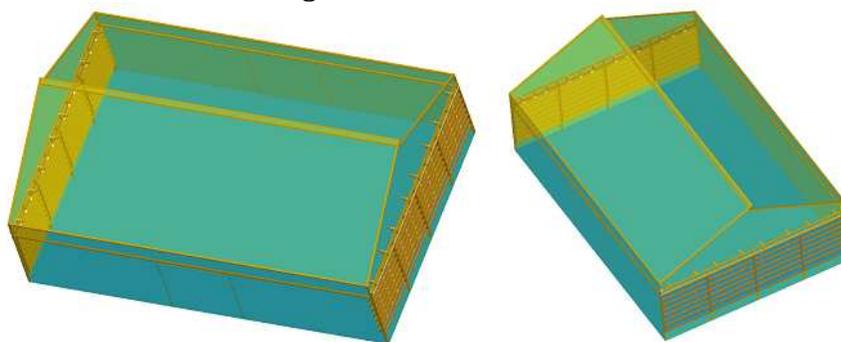
Para la humedad se diseñó un sistema que facilita riegos de acuerdo a la necesidad del cultivo.

En las siguientes secciones se desarrollará en detalle cada uno de estos ítem.

6.1. DISEÑO DEL INVERNADERO

El invernadero está elaborado en cedro rojo y polipropileno No. 5. La parte superior del invernadero está completamente despejada permitiendo que entre plenamente la luz. Sus dimensiones son: largo $10m$, ancho $6,8m$ y alto de $4m$

Figura 6.1: Invernadero



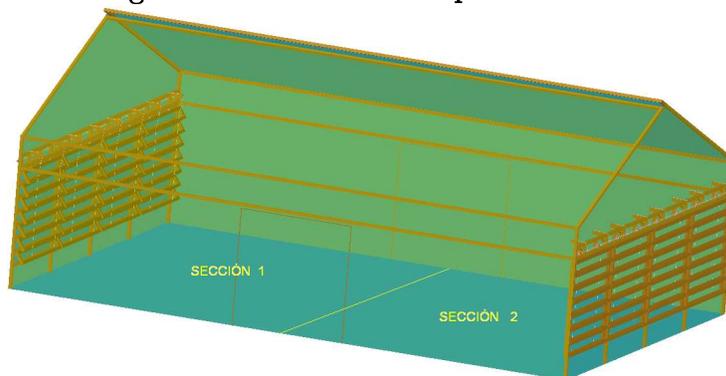
Fuente: Autores

6.2. DISEÑO PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL INVERNADERO

Este sistema consiste en abrir unas cortinas para ventilar el invernadero, este esta dividido por dos secciones como se muestra en la figura 6.2, cada sección se maneja independiente.

En cada sección hay dos sensores de temperatura, los cuales estan ubicados uno dentro del invernadero y el otro fuera de él, dependiendo de la temperatura sensada dentro y fuera del invernadero se acciona el dispositivo que mueve el mecanismo para abrir o cerrar las ventanas.

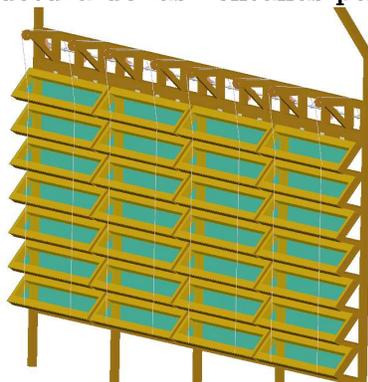
Figura 6.2: Invernadero por secciones



Fuente: Autores

Para el diseño se comienza con los cálculos de sus respectivas ventanas. Se considera el peso de la estructura de cada ventana.

Figura 6.3: Estructura de las ventanas para el invernadero



Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que la madera para cada estructura va tener las siguientes condiciones:

Alto $\rightarrow 0,2m$

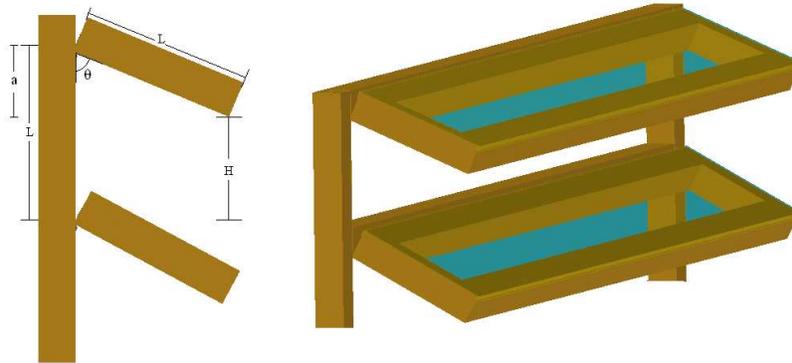
Ancho $\rightarrow 0,5m$

Profundidad $\rightarrow 0,5m$

Densidad de la madera $\rightarrow 350 \frac{kg}{m^3}$

Gravedad $\rightarrow 9,81 \frac{m}{s^2}$

Figura 6.4: Dimensiones de las ventanas



Fuente: Autores

$$L = a + H$$

$$H = L - a$$

donde: $a = L \cos \theta$

$$H = L(1 - \cos \theta)$$

Donde:

$L = 0,226m$ y $\theta = 50^\circ$, por lo tanto $H = 148,7mm$. H representa la distancia que debe recorrer para levantar la cortina hasta ese determinado ángulo, por lo tanto se utilizará para esta cantidad el valor de $15cm$.

LA ESTRUCTURA DE LA VENTANA.

Cada ventana esta sostenida por tres bisagras, las cuales facilitan el movimiento de cada una.

LA ESTRUCTURA DE LA VENTANA, VIGAS VERTICALES

$$\nu_1 = lpa$$

$$\nu_1 = (0,216m)(0,05m)(0,05m)$$

$$\nu_1 = 0,000316m^3$$

$$m_1 = \rho \nu_1$$

$$m_1 = \left(350 \frac{kg}{m^3}\right)(0,000315m^3)$$

$$m_1 = 0,01105kg$$

$$W_1 = m_1g$$

$$W_1 = (0,11025kg)(9,81\frac{m}{s^2})$$

$$W_1 = 1,081N$$

LA ESTRUCTURA DE LA VENTANA, VIGAS HORIZONTALES

Largo → 1,6375m

$$\nu_2 = lpa$$

$$\nu_2 = (1,6375m)(0,05m)(0,05m)$$

$$\nu_2 = 0,004091m^3$$

$$m_2 = \rho\nu_2$$

$$m_2 = (350\frac{kg}{m^3})(0,004091m^3)$$

$$m_2 = 1,4328kg$$

$$W_2 = m_2g$$

$$W_2 = (1,43285kg)(9,81\frac{m}{s^2})$$

$$W_2 = 14,0558N$$

PLÁSTICO ENVUELTO EN LA ESTRUCTURA

Largo → 0,233m

Ancho → 1,6905m

Profundidad → 0,005m

Densidad del plástico → $500\frac{kg}{m^3}$

$$\nu_3 = 0,001969m^3$$

$$m_3 = 0,9847kg$$

$$W_3 = 9,660N$$

Por lo tanto el peso que se va a tener que soportar de cada ventana es:

$$W_T = 39,934N$$

Como se tienen siete ventanas en cada columna y cuatro filas, por lo tanto, el peso total de la estructura es de:

$$W_T = 1118,17N$$

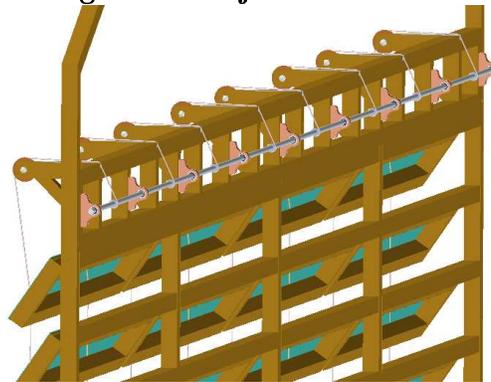
Así, este será el peso que recae en el eje.

6.3. DISEÑO DEL EJE

El eje es la pieza que va a soportar y mover las ventanas como se ve en la figura 6.5.

Por este motivo se inicio haciendo su respectivo cálculo.

Figura 6.5: Eje con ventanas



Fuente: Autores

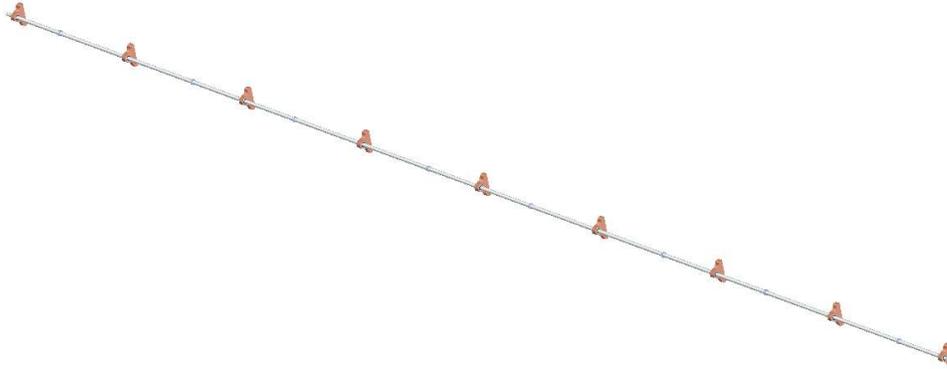
El material que se eligió para el eje fue el acero 1045CD porque es un acero de alta dureza y buena tenacidad.

Teniendo en cuenta esto, se tiene:

$$S_{ut} = 360MPa$$

$$S_y = 530MPa$$

Para determinar el valor de S_e se tienen los siguientes resultados de las variables, de acuerdo

Figura 6.6: Eje con soportes**Fuente: Autores**

a las ecuaciones 5.4 a 5.10 se obtuvo:

$$K_a = 0,8063$$

$$K_B = 0,8636$$

$$K_c = 0,5774$$

$$S'_e = 318,78 MPa$$

$$\rho = 29,990 MPa$$

$$K_f = 0,8672$$

$$K_t = 0,8858$$

Con estos datos se puede encontrar el límite de resistencia a la fatiga S_e de acuerdo a la ecuación 5.3:

$$S_e = 128,1977 MPa$$

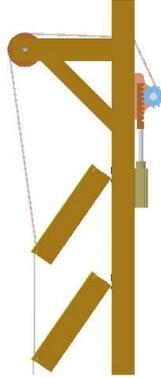
Con esto se define que el eje tiene una vida infinita, ya que el esfuerzo flexionante es menor a S_e y a S_y .

6.4. DISEÑO DEL ACCIONAMIENTO DE LAS VENTANAS

Se realizaron dos diseños para accionar las ventanas. Uno se hizo por el método de neumática y el otro por el método de motorreductores. A continuación se desarrolla el primer método.

6.4.1. DISEÑO CREMALLERA PIÑÓN

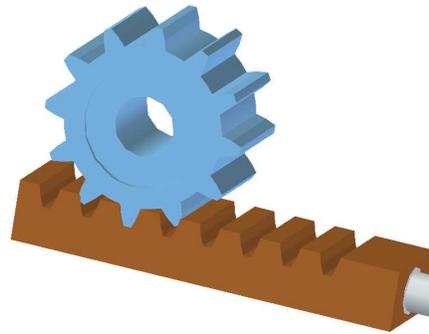
Figura 6.7: Funcionamiento de la cremallera piñón



Fuente: Autores

Este sistema fue diseñado para que haga girar el eje y este a su vez va abrir y cerrar las ventanas de acuerdo al movimiento del vástago.

Figura 6.8: Cremallera piñón

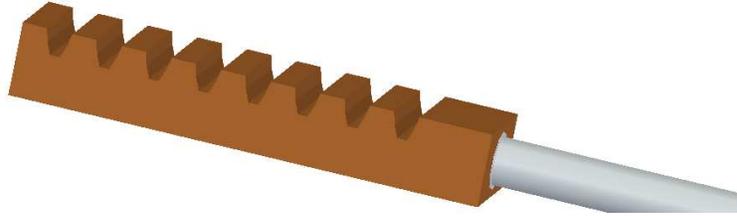


Fuente: Autores

6.4.1.1. Cremallera

La distancia a recorrer es de 15cm . El número de dientes de la cremallera por centímetros es $n = 1$.

El módulo ($m = 3\text{mm}$) representa la relación del diámetro de paso con el número de dientes.

Figura 6.9: Cremallera**Fuente: Autores**

El diámetro según la ecuación 5.16 es $d = 45mm$.

El paso circular según la ecuación 5.17 es $p = 9,4247mm$.

La velocidad según la ecuación 5.18 es $V = 0,088357m/s$.

Factor dinámico para dientes cortados o fresados según la ecuación 5.19 es $K'_v = 2,4484m/s$.

El componente tangencial de carga según la ecuación 5.21 es $W^t = 77,3365N$.

El límite de la resistencia a la fatiga según las ecuaciones 5.23 y 5.24 es:

$$S'_e = 288,42MPa$$

$$K_a = 0,8280$$

Para hallar el factor de tamaño K_v se hallan las siguientes variables de acuerdo a las ecuaciones 5.25 a la 5.27:

$$l = 6,75mm$$

$$x = 1,305mm$$

$$t = 5,9359$$

El diámetro equivalente de acuerdo a las ecuaciones 5.28 y 5.29 es:

$$d_e = 4,822mm$$

$$K_b = 0,7429mm$$

Es el esfuerzo máximo flexionante de acuerdo a la ecuación 5.30 es:

$$\sigma = 383,59MPa$$

El factor Marín de efectos diversos K_e según la ecuación 5.31 es:

$$K_e = 1,65$$

El factor de concentración de esfuerzos según la ecuación 5.9 es:

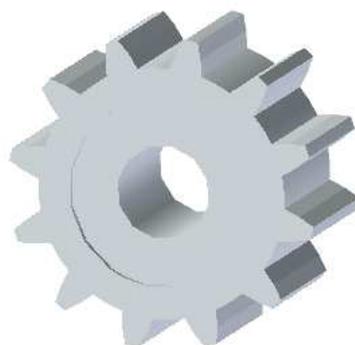
$$K_f = 1,2618$$

El factor de Marín para el límite de resistencia a la fatiga completamente corregido según la ecuación 5.3 es:

$$S_e = 1,014MPa$$

6.4.1.2. Piñón

Figura 6.10: Piñón



Fuente: Autores

El diámetro primitivo según la ecuación 5.33 es:

$$D = 0,135m$$

Diámetro exterior según la ecuación 5.35 es:

$$d_e = 0,141m$$

Diámetro interior según la ecuación 5.36 es:

$$d_f = 0,128m$$

Diámetro base según la ecuación 5.37 es:

$$D_b = 0,1268m$$

Factor de seguridad del piñón en flexión.

Para hallar el factor de seguridad del piñón por flexión se utilizan la norma AGMA 2001-c95.

El número de esfuerzo flexionante permisible para aceros completamente endurecidos según la ecuación 5.38 es:

$$\sigma = 10,883MPa$$

Donde N es el número de ciclos de durabilidad óptima. El factor de confiabilidad toma en cuenta el efecto de las distribuciones estadísticas de las fallas por fatiga del material. La confiabilidad según la ecuación 5.39 es:

$$k = 0,85$$

$$K_R = 0,85$$

Esfuerzo flexionante Según las normas AGMA según la ecuación 5.40 es:

$$\sigma = 10,88MPa$$

Los factores sobre carga K_o según las normas AGMA.

$$K_o = 1,25$$

El factor dinámico según la ecuación 5.41 es:

$$K_v' = 1,4395$$

Donde A y B según la ecuación 5.42 es:

$$A = 65,063$$

$$B = 0,731$$

La calidad de maquinado $Q_v = 7$ y $K_s = 1$ Factor de distribución de carga K_m según la ecuación 5.43 es:

$$K_m = 1,2638$$

Teniendo en cuenta que se usan dientes sin coronar $C_{mc} = 1$ Según la ecuaciones 5.44, 5.45 y 5.46 se tienen:

$$C_{pf} = 0,0116$$

$C_p m = 1$, Piñón montado por separado.

$$C_{ma} = 0,3444$$

$$C_e = 0,8$$

$$K_B = 1$$

$$J_e = 0,30$$

$$S_F = 1,25$$

Factor de seguridad del piñón en Desgaste.

Para hallar el factor de seguridad del piñón por flexión se utilizan la norma AGMA 2001-c95.

El esfuerzo de contacto AGMA según la ecuación 5.47 es:

$$\sigma_c = 558,6$$

El esfuerzo de contacto permisible según la ecuación 5.48 es:

$$\sigma_{c,perm} = 3,0361$$

El factor de ciclos Z_N según la ecuación 5.49 es:

$$Z_N = 1,991$$

Se tiene que el factor de seguridad al desgaste según la ecuación 5.50 es:

$$S_H = 0,5818$$

Para saber por que factor de seguridad va a fallar el piñón se compara la flexión y el desgaste, según la ecuación 5.51 es:

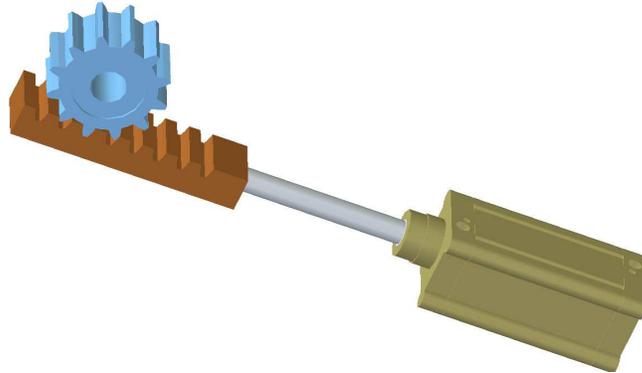
$$S_f = S_H^2$$

$$0,25 = 0,338$$

Con esto se tiene una amenaza por desgaste.

6.4.2. DISEÑO DEL ACTUADOR

El actuador es el motor del sistema ya que este suministra una determinada potencia o fuerza al eje por medio de la cremallera y el piñón para mover este. El actuador proporciona

Figura 6.11: Actuador con la cremallera y el piñón

Fuente: Autores

movimiento al sistema cremallera piñón. Para el cálculo del diámetro del émbolo la presión es de 6 bares. Es una presión standart. El diámetro del émbolo esta dado por la ecuación 5.1:

$$D = 3,855cm$$

$$D = 38,55mm$$

El actuador que se escogió es cilindro normalizado DNCB según ISO 15552 con un diámetro del émbolo de $40mm$ como se muestra en el anexo D, con sus respectivos finales de carrera y electroválvulas, en este anexo también se ve el diseño del mando de los 2 actuadores, uno para cada sección del invernadero.

Caudal de los actuadotes según la ecuación 5.2:

$$Q = 2,6 \frac{l}{min}$$

$$Q_T = 2,6 \frac{l}{min}$$

El compresor que se escogió para este diseño se encuentra en D.4 (APÉNDICE D) con sus respectivas características y funcionamiento.

6.4.3. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR

Procedimiento para hallar el motorreductor adecuado para el sistema. Para poder hallar la potencia necesario para el motor a seleccionar se halla la potencia mecánica del sistema

por medio de la ecuación:

$$P_{ME} = \frac{FD}{t}$$

Donde

P_{ME} → potencia mecánica del sistema.

F → fuerza del sistema.

t → tiempo que se demoran en abrir o cerrar.

Para determinar la potencia mecánica el tiempo que se emplea para que las ventanas abran o cierren es de 1 minuto. De acuerdo a esto tenemos

$$P_{ME} = 279,54W$$

La potencia del motor esta dada por la siguiente ecuación:

Donde

$$P_M = \frac{P_{ME}F_S}{\eta}$$

P_M → potencia eléctrica requerida por el sistema.

P_{ME} → potencia mecánica del sistema.

F_S → factor de servicio del motor.

η → eficiencia del motor.

La eficiencia es de 0,85 esta es la eficiencia con la que trabajan casi todos los motores.

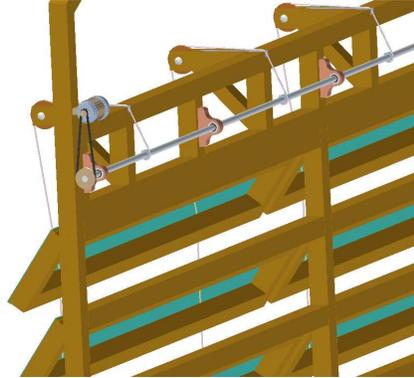
El factor de servicio se halla de acuerdo a las horas de funcionamiento y a la naturaleza de la carga. En nuestro caso las horas de funcionamiento que escogimos fue de 50000 horas con una naturaleza de carga moderada. Con estos datos se halla el factor de servicio según el catalogo de G.R. tabla E.6 (APÉNDICE E).

$$P_M = 0,4933kW$$

Con base a la potencia calculada seleccionamos el motorreductor en el catalogo de motorreductores G.R. tabla E.8 (APÉNDICE E). De acuerdo con esto el motorreductor es el *MR31100* cuya potencia es de $0,55kW$ con una velocidad de $9,98RPM$. tabla E.7 (APÉNDICE E).

6.4.4. SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR CORREA

Los pasos para el diseño del sistema de transmisión por correa son:

Figura 6.12: Sistema de transmisión por correa**Fuente: Autores**

1. Procedimiento para el cálculo de poleas y correas según al catalogo de Good Year.
2. Determinación de la potencia del sistema (potencia calculada).
 - Factor de servicio tabla E.1 (APÉNDICE E). De acuerdo a estas condiciones se determina el Factor de servicio: Motor eléctrico, eje de transmisión, corriente alterna y jaula de ardilla.
 - Potencia del sistema

$$P = 0,661hp$$

3. Velocidad del eje más rápido

$$V = 9,98RPM$$

4. Potencia de diseño

$$P_D = PF_s$$

$$P_D = 0,9254hp$$

5. Determinación del perfil de la correa: Tipo A tabla E.2 (APÉNDICE E).
6. Cálculo de la relación de velocidades R_T . Relación de transmisión W_1 es el diámetro polea del seguidor. W_2 es el diámetro polea del motriz.

$$R_T = \frac{W_1}{W_2} = 0,71$$

7. Selección de diámetros primitivos recomendados D_p , d_p . Para una potencia de $0,9254hp$ y con $9,98RPM$ tabla E.2 (APÉNDICE E).

Diámetro de polea menor $0,635m$

Diámetro de polea mayor $0,889m$

8. Cálculo de velocidad periférica (V) [RPM]

$$V = 0,265d_p$$

9. Determinación de la distancia entre centros de los ejes y el largo primitivo de la correa L_p cuyo valor tiene una aproximación de $\pm 15\%$.

$$L_p = 2C + 1,57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C}$$

10. Distancia entre centros corregida.

$$C_{\text{corregido}} = \frac{L_{PC} - L_{PL}}{2}$$

$$L_P = 0,8346m$$

11. Determinación de la potencia (hp) clasificado y número de correas.

- Cálculo y determinación del factor de corrección del arco de contacto F_{ac} . El arco de contacto es

$$A_C = 180^\circ - \frac{D_p - d_p}{C} 60^\circ$$

$$A_C = 169,6^\circ$$

Tabla E.3 (APÉNDICE E). Para transmisiones con poleas con canales en "V", columna V-V.

- Determinación del factor de corrección del largo F_{lp} tabla E.3 (APÉNDICE E).

$$F_{LP} = 1,04$$

- Determinación de hp básico por carrera tabla E.4 (APÉNDICE E).

$$hp_{\text{basico}} = 0,46W$$

- Determinación de hp adicional por correa.

$$hp_{\text{adicional}} = 0W$$

- Determinación de hp clasificado.

$$hp_{\text{clasificado}} = 0,46W$$

$$hp_{\text{adicional}} = 0W$$

$$hp_{\text{clasificado}} = hp_{\text{basico}} + hp_{\text{adicional}}$$

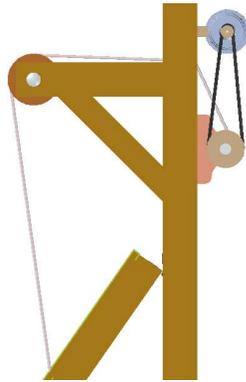
- Determinación de hp efectivo

$$hp_{efectivo} = hp_{clasificado} F_{AC} F_{LP}$$

- Número de correas $\rightarrow \frac{hp_{sistema}}{hp_{efectivo}}$

$$hp_{efectivo} = 0,464W$$

Figura 6.13: Motor con correa

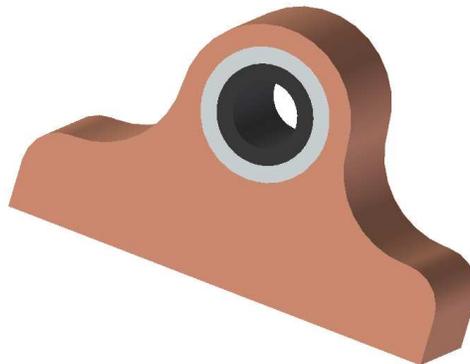


Fuente: Autores

6.5. DISEÑO DE RODAMIENTOS

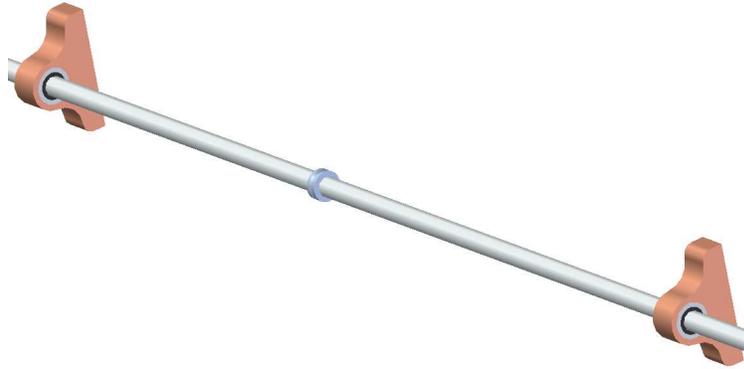
El rodamiento es la pieza que va soportar el eje y permite el movimiento del eje.

Figura 6.14: Rodamiento con soporte



Fuente: Autores

De acuerdo al catalogo SKF se tienen los siguientes datos para el diseño del rodamiento.

Figura 6.15: Rodamiento con eje**Fuente: Autores**

$$\frac{C}{P} = 2,88$$

Para obtener la carga estática equivalente, se tiene según la ecuación 5.11:

$$P_o = 3,402$$

$$F_r = 4,42$$

Donde

$$3,402 < 4,42$$

El factor de seguridad estático es de:

$$S_o = 2$$

La capacidad de carga elástica esta dada por la ecuación 5.12:

$$C_o = 6,804$$

Para un rodamiento rígido de bolas con juego normal se tiene:

$$e = 0,37$$

$$F_a = 1,5$$

$$K_B = 1$$

$$0,339 \leq 0,37$$

$$x = 1$$

$$y = 0$$

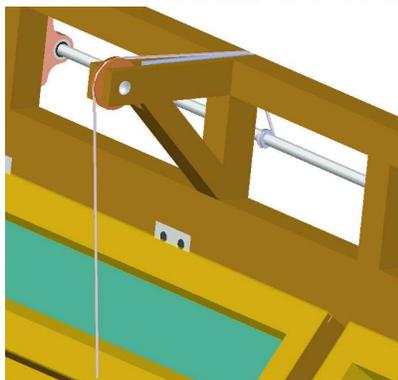
Según la ecuación 5.13:

$$p = 4,42$$

6.6. GUAYA

La guaya es la pieza que va sostener a cada una de las ventanas en la estructura y también permite que tengan el mismo movimiento y velocidad para todas las ventanas. Para nuestro caso la elección de la guaya fue de 1/8" de de tres lazos de acuerdo al peso.

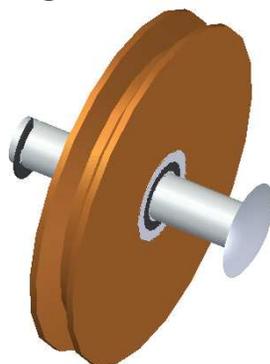
Figura 6.16: Funcionamiento de la guaya



Fuente: Autores

6.7. POLEA

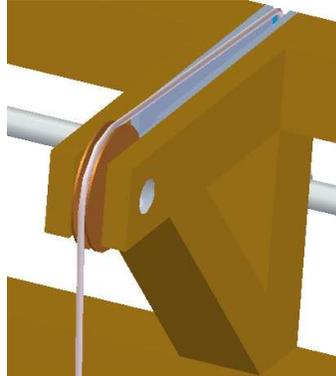
Figura 6.17: Polea



Fuente: Autores

La polea es la pieza que va soportar la guaya con el peso de las ventanas y es la que facilita el movimiento de estas. De acuerdo a la guaya esta debe ser de 1/8".

Figura 6.18: Funcionamiento de poleas

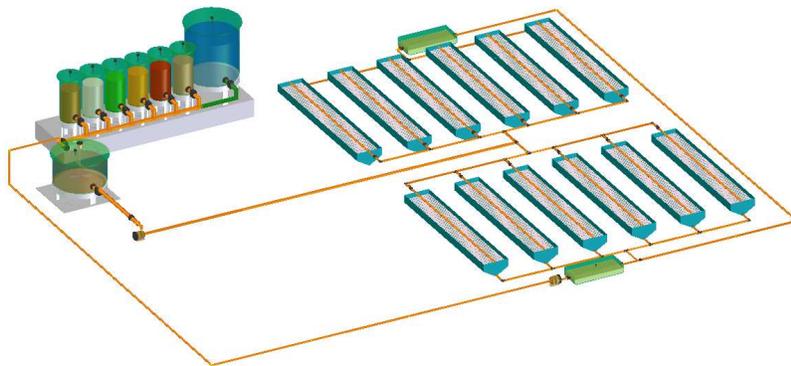


Fuente: Autores

6.8. DISEÑO HIDRÁULICO

El sistema hidráulico es el que permite suministrar el agua y la mezcla de los nutrientes a cada una de las camas, para ello se calcularon las respectivas bombas, para asegurar que el líquido llegue proporcional a cada una de las camas. Partiendo con el dimensionamiento de tuberías.

Figura 6.19: Diseño hidráulico



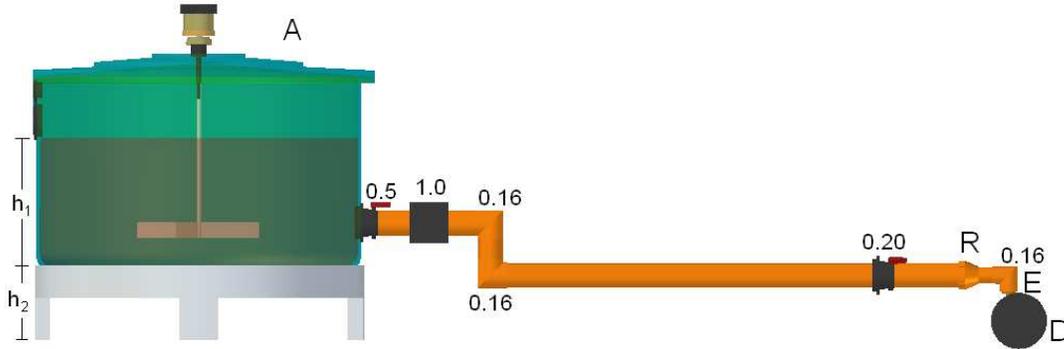
Fuente: Autores

Tubería de succión. Bomba de suministro.

Ecuación de la energía entre A y E, presiones relativas y tuberías en serie.

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} - H'_{A-E} = \frac{P_E}{\gamma} + Z_E + \frac{V_E^2}{2g}$$

Figura 6.20: Tubería de succión



Fuente: Autores

$$Z_A - \left[\lambda_{AR} \frac{L_{AR}}{D_{AR}} + \sum \lambda'_{AR} \right] \frac{V_{AR}^2}{2g} - \left[\lambda_{RE} \frac{L_{RE}}{D_{RE}} + \sum \lambda'_{RE} \right] \frac{V_{RE}^2}{2g} = \frac{P_E}{\gamma} + \frac{V_E^2}{2g}$$

Ecuación de continuidad

$$Q_{RE} = Q_{AR}$$

$$\frac{\pi}{4} (D_{RE})^2 V_{RE} = \frac{\pi}{4} (D_{AR})^2 V_{AR}$$

$$V_{AR} = \left(\frac{D_{AR}}{D_{RE}} \right)^2 V_{RE}$$

Donde $V_E = V_{ER}$

$$Z_A - \left[\lambda_{AR} \frac{L_{AR}}{D_{AR}} + \sum \lambda'_{AR} \right] \left(\frac{D_{AR}}{D_{RE}} \right)^4 \frac{V_{RE}^2}{2g} - \left[\lambda_{RE} \frac{L_{RE}}{D_{RE}} + \sum \lambda'_{RE} \right] \frac{V_{RE}^2}{2g} = \frac{P_E}{\gamma} + \frac{V_E^2}{2g}$$

Presión en la entrada de la bomba

$$\frac{P_E}{\gamma} = Z_A - \left[\lambda_{AR} \frac{L_{AR}}{D_{AR}} + \sum \lambda'_{AR} \right] \left(\frac{D_{AR}}{D_{RE}} \right)^4 \frac{V_{RE}^2}{2g} - \left[\lambda_{RE} \frac{L_{RE}}{D_{RE}} + \sum \lambda'_{RE} + 1 \right] \frac{V_{RE}^2}{2g}$$

Velocidad teórica en la descarga del tanque (Teorema de Bernoulli)

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9,81)(0,7)} = 3,7m/s$$

Por efectos de la fricción viscosa y por las pérdidas de flujo primarias y secundarias se ensaya con $V = 1m/s$.

Régimen de flujo

Número de Reynolds

$$R_E = \frac{VD}{\mu}$$

Donde, μ es la viscosidad del fluido a una temperatura de 25^0 . Así que

$$R_E = \frac{(1)(0,075)}{9,14 * 10^{-6}} = 820,57$$

De acuerdo con este resultado, podemos deducir que el flujo es turbulento.

Factor de fricción en la tubería completamente lisa.

Con el número de Reynolds hallado, se determinó que el factor de fricción es 0.0182 de acuerdo con el diagrama de Moody.

Reemplazando los datos se tiene:

$$\frac{P_E}{\gamma} = -1,6bar$$

Tubería de descarga

Figura 6.21: Tubería de descarga



Fuente: Autores

Presión requerida para la distribución del fluido al circuito de las camas.

$$\frac{P_D}{\gamma} - H'_{c-c} = \frac{P_c}{\gamma}$$

La presión requerida para la distribución del fluido se calcula mediante la expresión (Standfor massey Mecánica de fluidos)

$$H'_F = \frac{4\lambda V^2 Q}{D 2g 3q} \left[1 - \left(1 - \frac{ql}{Q} \right)^2 \right] 100$$

donde l es longitud y Q es el caudal derivado por unidad de longitud del tubo principal.

Para un diámetro de 1,5 pulgadas(0,038m)

$$Q = 4 \frac{m^3}{h}$$

$$H'_F = 9,76m$$

$$H'_{FT} = 2H'_F = 19,52m$$

$$\frac{P_D}{\gamma} = 19,80m$$

Energía suministrada por la bomba:

$$H_m = 21,4m$$

Potencia útil:

$$P = 2,38watts$$

Esta potencia es para un flujo completamente abierto.

Potencia de accionamiento:

$$\eta_T = 276,74watts$$

Potencia requerida por cierres temporales de válvulas:

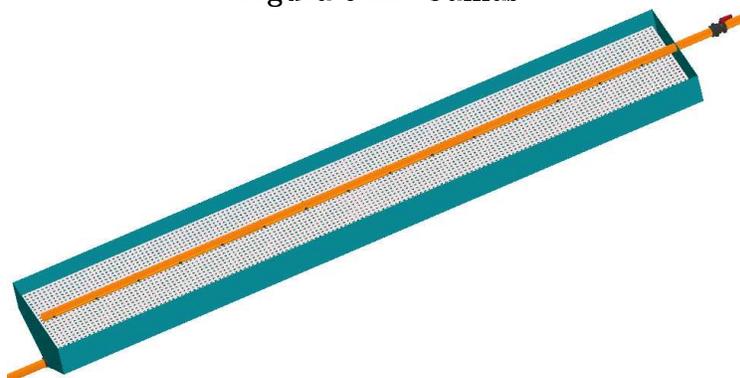
$$P = 1,25Kw \approx 1,5Hp$$

De acuerdo a las tablas comerciales de bombas, se recomienda una bomba modelo GAST a GAST7 o similar.

6.9. CAMAS

Las camas tienen un filtro que no deja pasar impurezas ya que la solución restante tiene que retornar al tanque de mezclado pasando por una bomba. Este filtro está diseñado en NYLON XX el cual es resistente a la acidez, la corrosión y además, no permite la proliferación de microorganismos.

Figura 6.22: Camas



Fuente: Autores

6.10. AGITADOR

El agitador es el que permite que la mezcla sea debidamente homogénea, para que la solución no vaya a afectar las rosas.

El diseño del agitador requiere de los siguientes datos:

Tanque

Figura 6.23: Agitador



Fuente: Autores

Diámetro 100cm

Alto 60cm

Volumen del tanque 471,238898LITROS

Número de aspas 4

Longitud de las aspas 50cm

Alto de las aspas al asiento del tanque 28cm

Ancho aspas 10cm

Espesor 0,5cm

Diámetro del eje del agitador 5cm

Material tanque polietileno

Material agitador Acero inoxidable

Velocidad 400RPM

Tiempo 5minutos

Potencia requerida

$$P = \frac{T_{MAX}n}{44760}$$

Donde T_{MAX} → torque máximo.

n → velocidad del agitador.

Para hallar el torque máximo necesitamos hallar la fuerza

$$F = P_h A$$

Donde P_h es la presión hidrostática.

$$P_h = \rho gh$$

Donde

$$P_h = 8,82kPa$$

A es el área transversal de cada aspa.

$$A = lx$$

$$A = 0,05m^2$$

$$F = 441N$$

$$T_{MAX} = Fd$$

$$T_{MAX} = 220,5Nm$$

$$P = 1,97Hp$$

Finalmente hallaremos el diámetro del eje.

$$\sigma_{tor} = \frac{16T_{MAX}N}{\pi d^3}$$

σ_{tor} = esfuerzo a torsión $\rightarrow 661,8MPa$

N \rightarrow factor de seguridad

d \rightarrow diametro del eje

T_{MAX} \rightarrow torque maximo

El factor de seguridad del acero inoxidable según las normas AISI-SAE es de 2. Como la variable que se desconoce el diámetro se despeja y se obtiene:

$$d = 0,0323m$$

6.11. PROGRAMACIÓN

Para programar y simular el diseño se utilizó el programa wincc. Primero se realizaron los respectivos diagramas de flujo de cada una de las secuencias del programa.

6.11.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Para los dibujos remitirse al apéndice H.

6.11.1.1. VARIABLES DE ENTRADA

Las variables de entrada son:

dA_i → Distancia del tanque del agua que sensa el sensor ultrasónico.

$dN1_i$ → Distancia del tanque de nutriente 1 que sensa el sensor ultrasónico.

$dN2_i$ → Distancia del tanque de nutriente 2 que sensa el sensor ultrasónico.

$dN3_i$ → Distancia del tanque de nutriente 3 que sensa el sensor ultrasónico.

$dn4_i$ → Distancia del tanque de nutriente 4 que sensa el sensor ultrasónico.

$dN5_i$ → Distancia del tanque de nutriente 5 que sensa el sensor ultrasónico.

$dN6_i$ → Distancia del tanque de nutriente 6 que sensa el sensor ultrasónico.

dM_i → Distancia del tanque del mezclador que sensa el sensor ultrasónico.

dR_i → Distancia del tanque de retorno que sensa el sensor ultrasónico.

$T1_i$ → Temperatura interna del invernadero sección 1.

$T1_e$ → Temperatura externa del invernadero sección 1.

$T2_i$ → Temperatura interna del invernadero sección 2.

$T2_e$ → Temperatura externa del invernadero sección 2.

SpH → Sensor de pH.

6.11.1.2. AGUA

CA_i → Cantidad desocupada del tanque de agua.

CT_A → Cantidad total del tanque de agua.

CT_d → Cantidad mínima del tanque de agua.

V_{ALL} → Electroválvula de llenado.

CA_{LL} → Cantidad de agua del tanque cuando esta lleno.

CA_O → Cantidad de agua requerida por el Agrónomo.

dA_x → Distancia que queda después de ser suministrada el agua.

$F = 1$ → Si el Agrónomo acepta que son las cantidades que requiere.

V_{AS} → Electroválvula de descarga.

$S = 1$ → Si las condiciones del tanque mezclador son correctas.

$A = 1$ → Si el Agrónomo acepta que leyó la alarma.

6.11.1.3. NUTRIENTES

CN_i → Cantidad desocupada del tanque de nutriente.

CT_N → Cantidad total del tanque de nutriente.

CN_d → Cantidad mínima del tanque de nutriente.

CN_O → Cantidad de nutriente requerida por el Agrónomo.

dN_x → Distancia que queda después de ser suministrada el nutriente.

$F = 1$ → Si el Agrónomo acepta que son las cantidades que requiere.

VN_S → Electroválvula de descarga.

$S = 1$ → Si las condiciones del tanque mezclador son correctas.

$A = 1$ → Si el Agrónomo acepta que leyó la alarma.

6.11.1.4. TANQUE DE MEZCLADO

CM_i → Cantidad desocupada del tanque mezclador.

CT → Suma de todas las cantidades de nutrientes requeridos, de agua requerida y la cantidad del mezclador.

CT_M → Cantidad total del tanque mezclador.

CM_p → Cantidad promedio del tanque mezclador.

dM_d → distancia mínima del tanque mezclador.

VN_S → Electroválvula de descarga.

$S = 1$ → Si las condiciones del tanque mezclador son correctas.

$A = 1$ → Si el Agrónomo acepta que leyó la alarma.

Ag_i → Agitador, si es = 1 esta prendido, si es = 0 esta apagado.

$T = 300$ → tiempo que dura el agitador prendido.

VM_S → Electroválvula de descarga.

B_D → Bomba de descarga, si es = 1 esta prendida, si es = 0 esta apagada.

6.11.1.5. TANQUE DE RETORNO

CR_i → Cantidad desocupada del tanque de retorno.

CT_R → Cantidad total del tanque de retorno.

CR_{LL} → Cantidad de la mezcla del tanque cuando esta lleno.

CR_d → Cantidad mínima del tanque de retorno.

6.11.1.6. RIEGO

- CA_i → Cantidad desocupada del tanque de agua.
 CM_i → Cantidad desocupada del tanque mezclador.
 CT_A → Cantidad total del tanque de agua.
 CA_d → Cantidad mínima del tanque de agua.
 V_{ALL} → Electroválvula de llenado.
 CA_{LL} → Cantidad de agua del tanque cuando esta lleno.
 CA_O → Cantidad de agua requerida por el Agrónomo.
 dA_x → Distancia que queda después de ser suministrada el agua.
 CM_p → Cantidad promedio del tanque mezclador.
 $F = 1$ → Si el Agrónomo acepta que son las cantidades que requiere.
 $S = 1$ → Si las condiciones del tanque mezclador son correctas.
 $A = 1$ → Si el Agrónomo acepta que leyó la alarma.
 V_{AS} → Electroválvula de descarga.

6.11.1.7. SISTEMA DE VENTILACIÓN

- T_{ai} → Temperatura alta interna del invernadero.
 T_{be} → Temperatura baja externa del invernadero.
 T_{mi} → Temperatura media interna del invernadero.
 T_{bi} → Temperatura baja interna del invernadero.
 $A = 1$ → Si el Agrónomo acepta que leyó la alarma.

6.11.1.8. VARIABLES DE SALIDA

Las variables de salida son:

- V_{AS} → Electroválvula del tanque de agua de salida.
 V_{N1S} → Electroválvula del tanque de nutriente 1 de salida.
 V_{N2S} → Electroválvula del tanque de nutriente 2 de salida.
 V_{N3S} → Electroválvula del tanque de nutriente 3 de salida.
 V_{N4S} → Electroválvula del tanque de nutriente 4 de salida.
 V_{N5S} → Electroválvula del tanque de nutriente 5 de salida.
 V_{N6S} → Electroválvula del tanque de nutriente 6 de salida.

$VN7_S$ → Electroválvula del tanque de agua de llenado.

VM_S → Electroválvula del tanque de mezclado de salida.

Ag_i → Agitador del tanque mezclador.

B_D → Bomba de descarga.

B_R → Bomba de retorno.

AC_1 → Abrir cortinas sección 1.

CC_1 → Cerrar cortinas sección 1.

AC_2 → Abrir cortinas sección 2.

CC_2 → Cerrar cortinas sección 2.

6.11.2. WINCC

Teniendo estos diagramas de flujo se programó en wincc. Para programar se necesitan conocimientos de C. Este software facilitó simular el manejo y manipulación del diseño realizado. A continuación se dará una pequeña explicación de su funcionamiento.

Este programa se diseñó para que lo maneje el agrónomo, quien es la persona idónea para mejorarlo.

Se comienza reconociendo las variables iniciales. En este caso el PLC es el que suministra dichas entradas, por eso se realizó su respectiva programación (ver Anexo E). Para poder simular el programa se creó una ventana donde se ingresan manualmente dichas variables ver figura 6.24.

Figura 6.24: Inicio.

INICIO	ENTRADAS	NUTRIENTES	PROCESO	MODOS	SALIDAS	
INICIO						
Temperatura A1	0,00	C°	D. Agua	0,0	mm	
Temperatura A2	0,00	C°	D. Nutriente 1	0,0	mm	
Temperatura B1	0,00	C°	D. Nutriente 2	0,0	mm	
Temperatura B2	0,00	C°	D. Nutriente 3	0,0	mm	
pH	0,00		D. Nutriente 4	0,0	mm	
D. Mezclador D.	0,0	mm	D. Nutriente 5	0,0	mm	
D. Mezclador R.	0,0	mm	D. Nutriente 6	0,0	mm	

Fuente: Autores

Donde temperatura A1 y A2 son las temperaturas censadas en cada una de las secciones internas del invernadero, temperatura B1 y B2 son las temperaturas censadas en cada una de las secciones externas del invernadero. pH es la cantidad censada en el tanque mezclador. D son las distancias que mide el sensor ultrasónico en cada uno de los tanques. En la figura 6.25 se ve los datos ingresados por los autores para realizar la respectiva simulación.

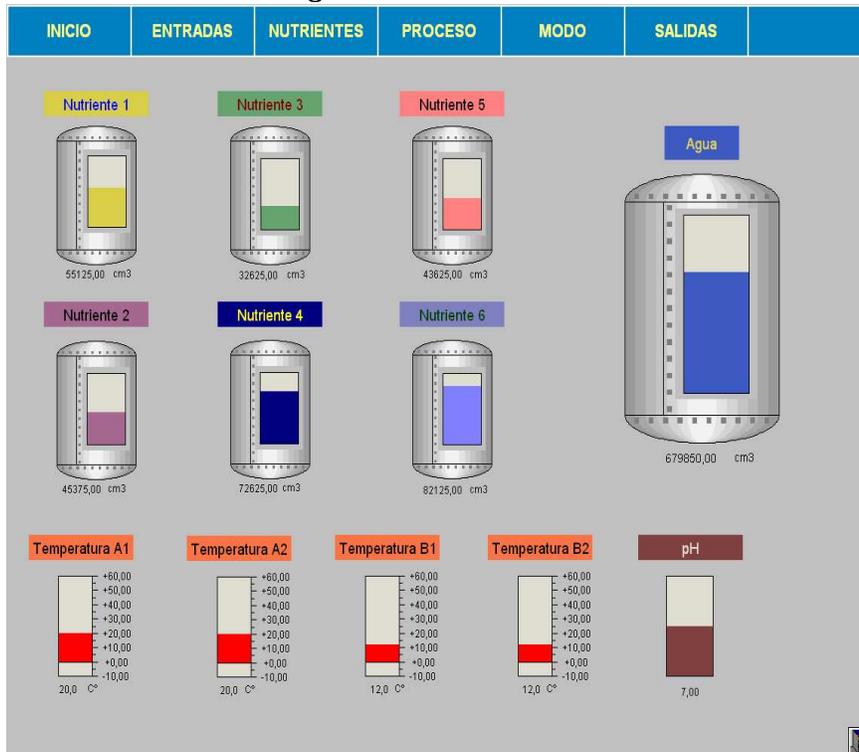
Figura 6.25: Inicio con valores.

INICIO	ENTRADAS	NUTRIENTES	PROCESO	MODOS	SALIDAS
INICIO					
Temperatura A1	20,00	C°	D. Agua	337,0	mm
Temperatura A2	20,00	C°	D. Nutriente 1	359,0	mm
Temperatura B1	12,00	C°	D. Nutriente 2	437,0	mm
Temperatura B2	12,00	C°	D. Nutriente 3	539,0	mm
pH	7,00		D. Nutriente 4	219,0	mm
D. Mezclador D.	326,0	mm	D. Nutriente 5	451,0	mm
D. Mezclador R.	89,0	mm	D. Nutriente 6	143,0	mm

Fuente: Autores

En la figura 6.26 se muestra la interface gráfica del programa. Esta es la ventana que sale al principio del programa ya que esta es la que permite al agrónomo visualizar sus respectivas variables y pasar de ventana a ventana dándole clic a la parte que quiera acceder, por ejemplo, si quiere ir a nutrientes hace clic en nutrientes y aparece la ventana (ver figura 6.27).

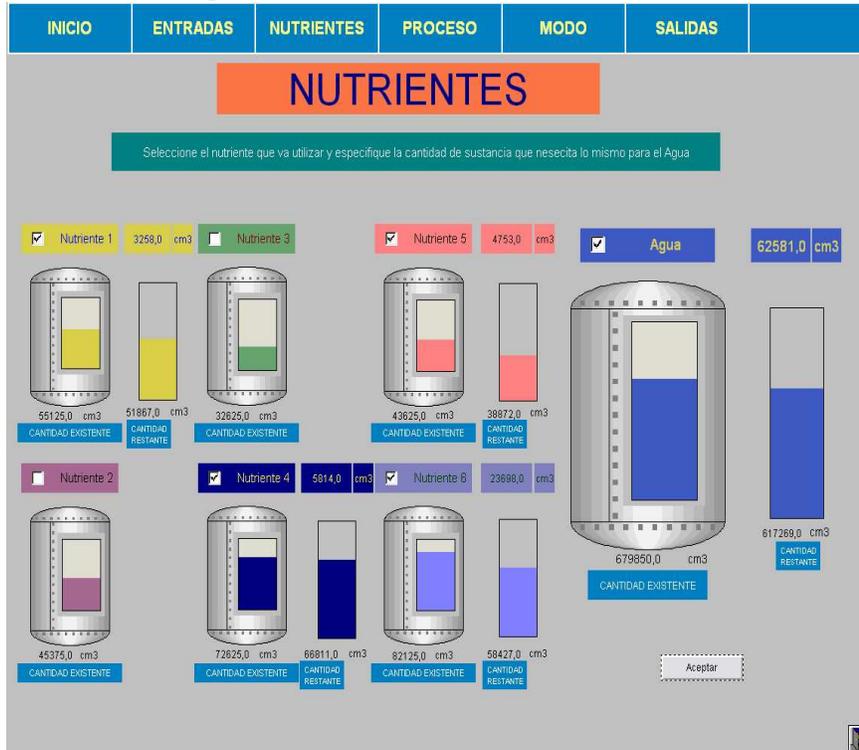
Figura 6.26: Entradas.



Fuente: Autores

En la figura 6.27, ventana que permite al agrónomo escoger los nutrientes y la respectiva cantidad que va suministrar con el agua.

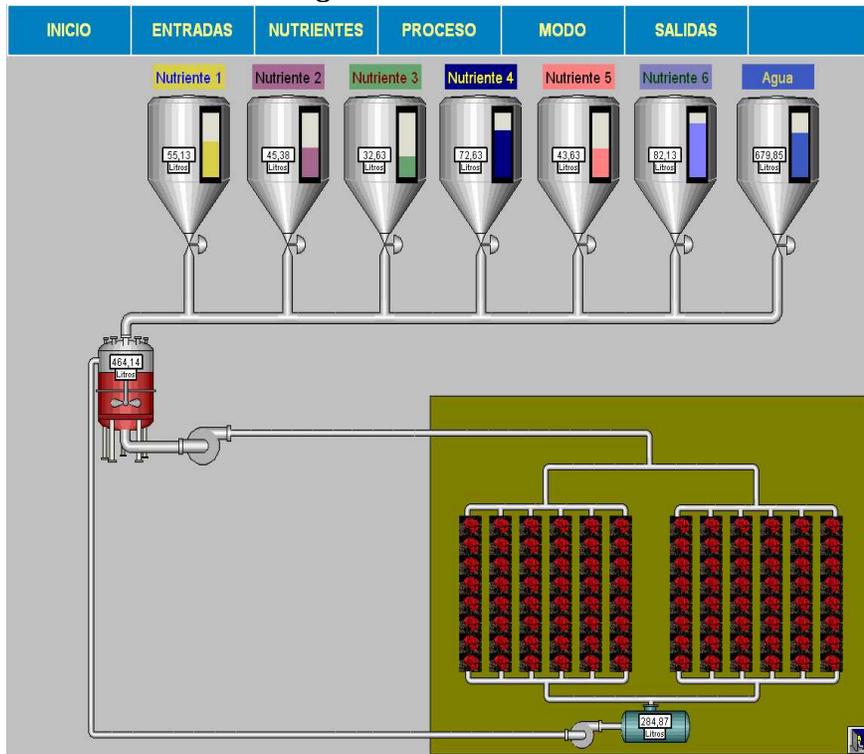
Figura 6.27: Cantidad de nutrientes.



Fuente: Autores

En la figura 6.28, ventana que permite el monitoreo del sistema de riego al agrónomo, para permitirle una mejor visualización de lo que sucede dentro del sistema de riego.

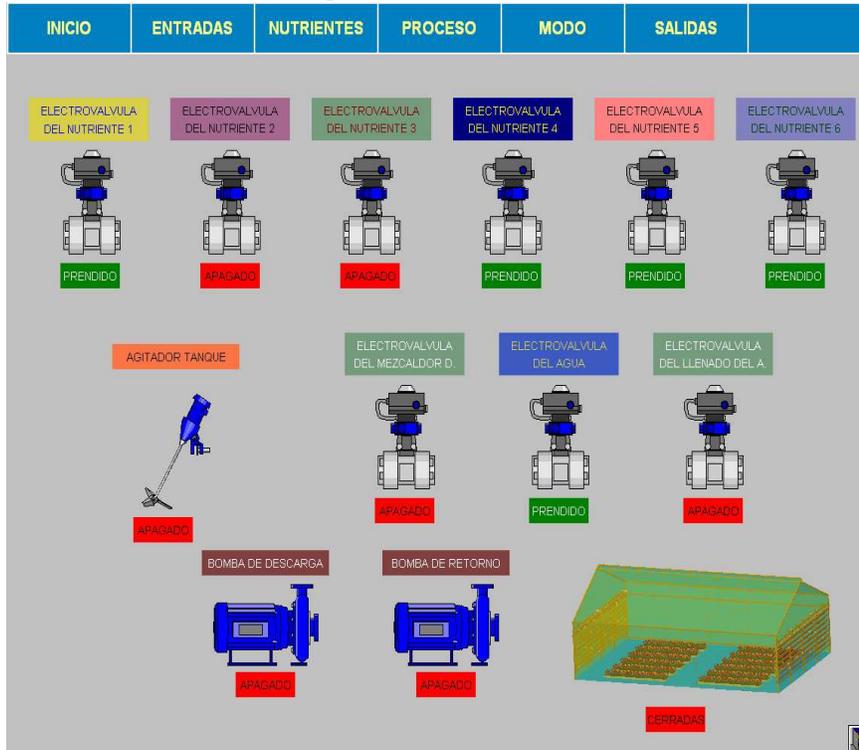
Figura 6.28: Proceso.



Fuente: Autores

En la figura 6.29, ventana que permite al agrónomo saber que componentes de salida se están ejecutando.

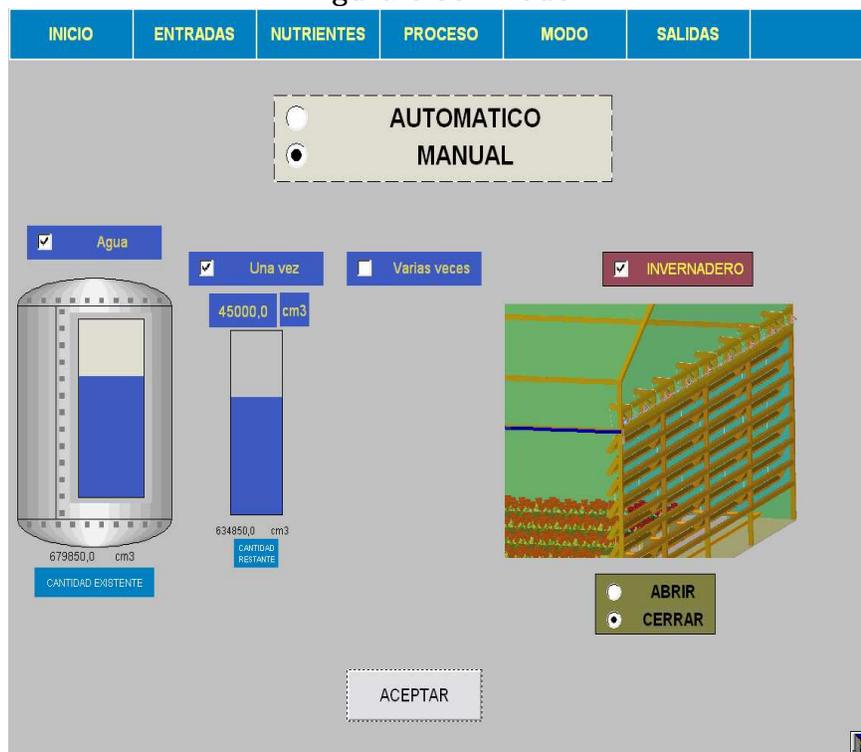
Figura 6.29: Salidas.



Fuente: Autores

En la figura 6.30, ventana que permite al agrónomo escoger el modo de manejo ya sea automático o manual, tanto para el sistema de riego del agua como para el sistema de ventilación del invernadero. Con esta opción se pueden programar los riegos, para tener un nivel de humedad adecuado.

Figura 6.30: Modo.

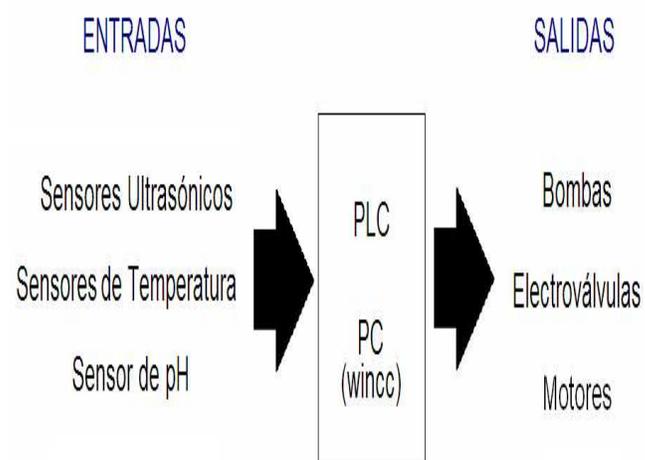


Fuente: Autores

6.11.3. PLC

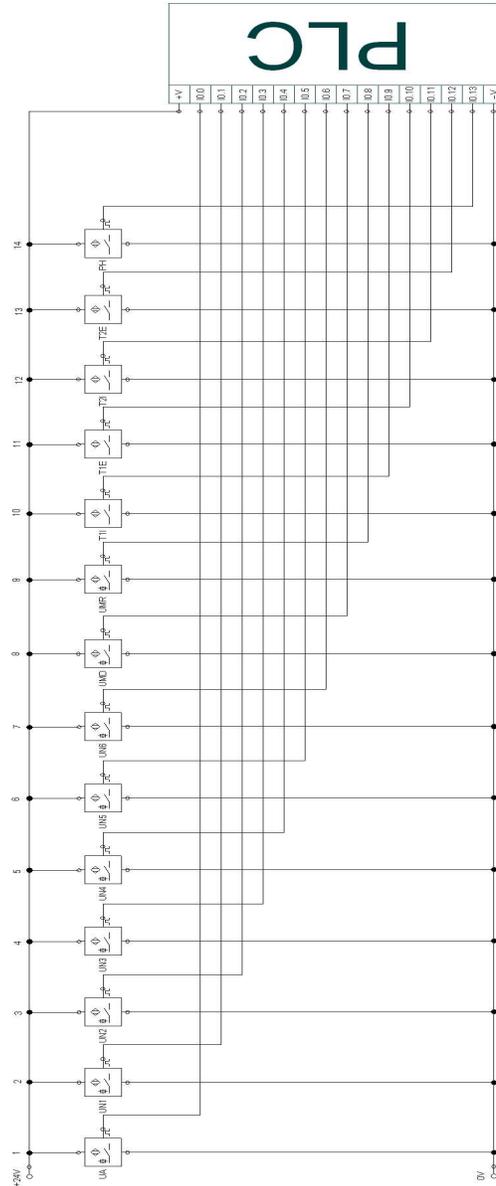
La figura 6.31 muestra las entradas y salidas del PLC. La figura 6.32 muestra las conexiones de entrada al PLC. Las figuras 6.33 y 6.34 muestran las conexiones de salida al PLC. En el APÉNDICE F se ve la programación del PLC.

Figura 6.31: Entradas y salidas.



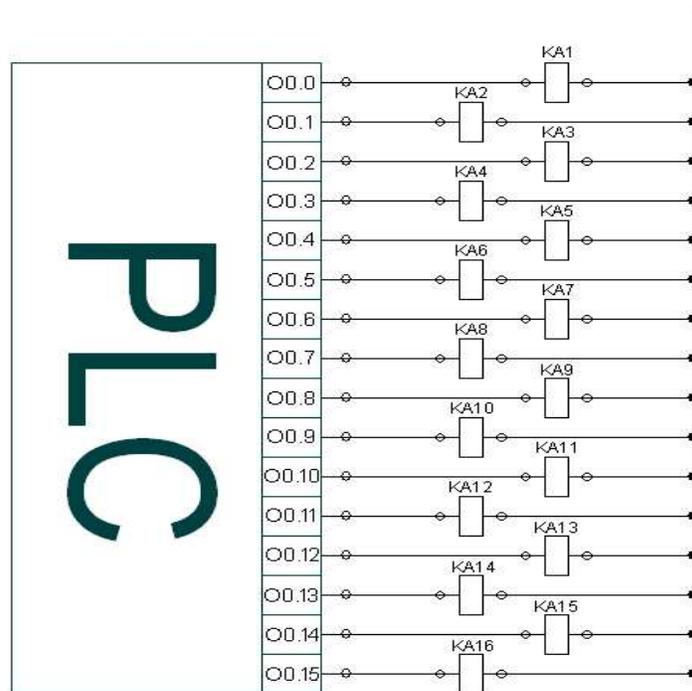
Fuente: Autores

Figura 6.32: Entradas del PLC.



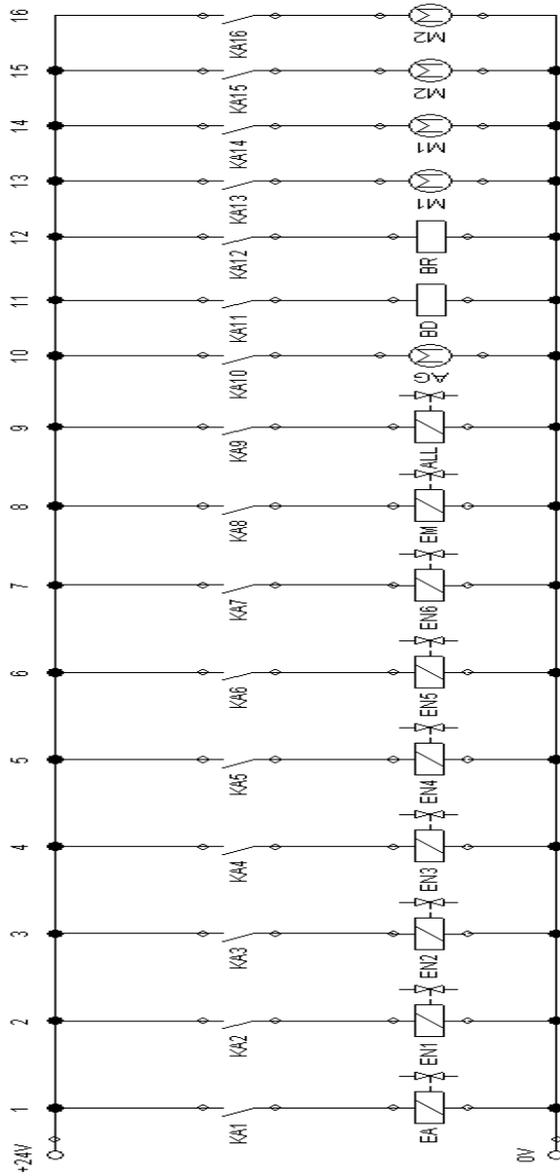
Fuente: Autores

Figura 6.33: Salidas del PLC.



Fuente: Autores

Figura 6.34: Conexiones de las salidas del PLC.



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Se ha diseñado un sistema de automatización de un cultivo hidropónico de rosas desde el cual, es posible monitorear y manipular variables como la cantidad de nutrientes, la temperatura, la humedad y el pH.

Los procesos automatizados en el diseño incluyen el sistema de riego que distribuye tanto el agua como los nutrientes, sistema de ventilación y monitoreo de temperatura, preparación de la mezcla que contiene los nutrientes, medición y supervisión del pH de la mezcla.

Se realizó un estudio detallado de los factores fundamentales en el dimensionamiento y diseño del sistema, de modo que, a partir de cálculos específicos para los valores reales de estos factores y parámetros se obtenga el máximo aprovechamiento de los componentes y características del sistema.

Se realizó el diseño de la planta (estructura física) y el soporte informático (software) que permiten la automatización del cultivo de rosas.

El accionamiento que se escogió para las ventanas fue el motorreductor, debido a que es más económico y no necesita mantenimiento como la red neumática.

Apéndice A

TABLAS DISEÑO DEL EJE

Figura A.1: Resistencias mínimas determinadas a la tensión y a la cadencia.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	Núm. SAE y/o AISI	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la cadencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300(43)	170(24)	30	55	86
		CD	330(48)	280(41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320(47)	180(26)	28	50	95
		CD	370(53)	300(44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340(50)	190(27.5)	28	50	101
		CD	390(56)	320(47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400(58)	220(32)	25	50	116
		CD	440(64)	370(54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380(55)	210(30)	25	50	111
		CD	470(68)	390(57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470(68)	260(37.5)	20	42	137
		CD	520(76)	440(64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500(72)	270(39.5)	18	40	143
		CD	550(80)	460(67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520(76)	290(42)	18	40	149
		CD	590(85)	490(71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570(82)	310(45)	16	40	163
		CD	630(91)	530(77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620(90)	340(49.5)	15	35	179
		CD	690(100)	580(84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680(98)	370(54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770(112)	420(61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830(120)	460(66)	10	25	248

Figura A.2: Parámetros para el factor de la condición superficial de Marín.

Acabado superficial	$k_a = \alpha S_{ur}^b \text{LN}(1, C)$			
	α		b	Coeficiente de variación, C
	kpsi	MPa		
Esmerilado*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Maquinado o laminado en frío	2.67	4.45	-0.265	0.058
Laminado en caliente	14.5	56.1	-0.719	0.110
Como sale de forja	39.8	271	-0.995	0.145

*Debido a la amplia dispersión en los datos de superficie esmerilada, una función alterna es $k_a = 0.878 \text{LN}(1, 0.120)$. Nota: S_{ur} en kpsi o MPa.

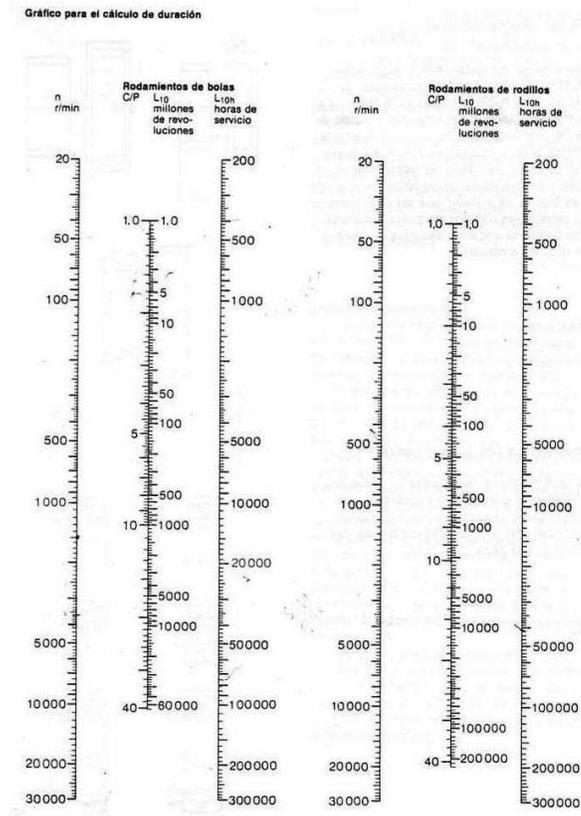
Figura A.3: Parámetros de Heywood.

Característica	\sqrt{a}		C_{kf}
	\bar{S}_{ut} kpsi	\bar{S}_{ut} Mpa	
Agujero transversal	$5/\bar{S}_{ut}$	$174/\bar{S}_{ut}$	0.10
Hombro	$4/\bar{S}_{ut}$	$139/\bar{S}_{ut}$	0.11
Ranura	$3/\bar{S}_{ut}$	$104/\bar{S}_{ut}$	0.15

Apéndice B

TABLAS DISEÑO DE RODAMIENTOS

Figura B.1: Gráfico para el cálculo de duración.



Apéndice C

DISEÑO DE PIÑÓN

Figura C.1: Valores del factor de forma de Lewis.

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

Figura C.2: Factores de confiabilidad.

Confiabilidad	K_{Rf} Y_Z
0.9999	1.50
0.999	1.25
0.99	1.00
0.90	0.85
0.50	0.70

Figura C.3: Número de esfuerzos flexionantes.

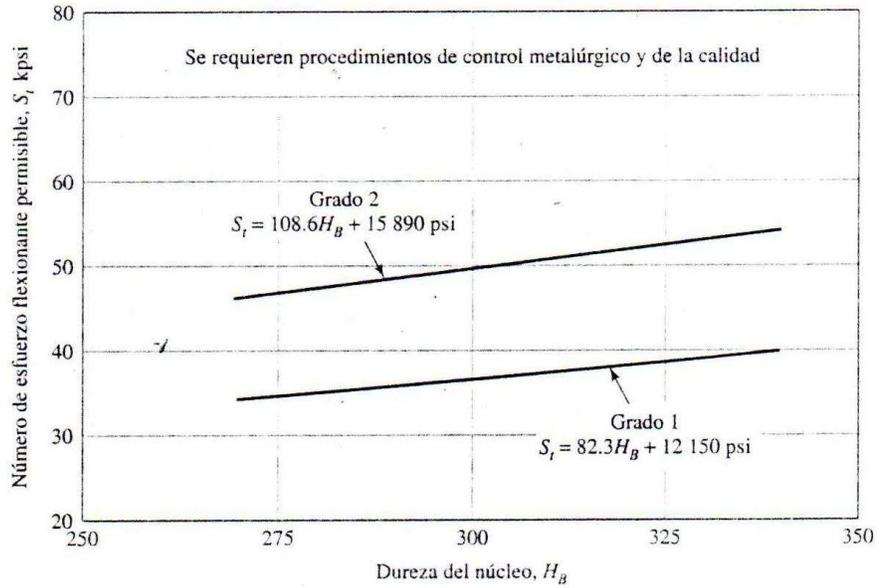
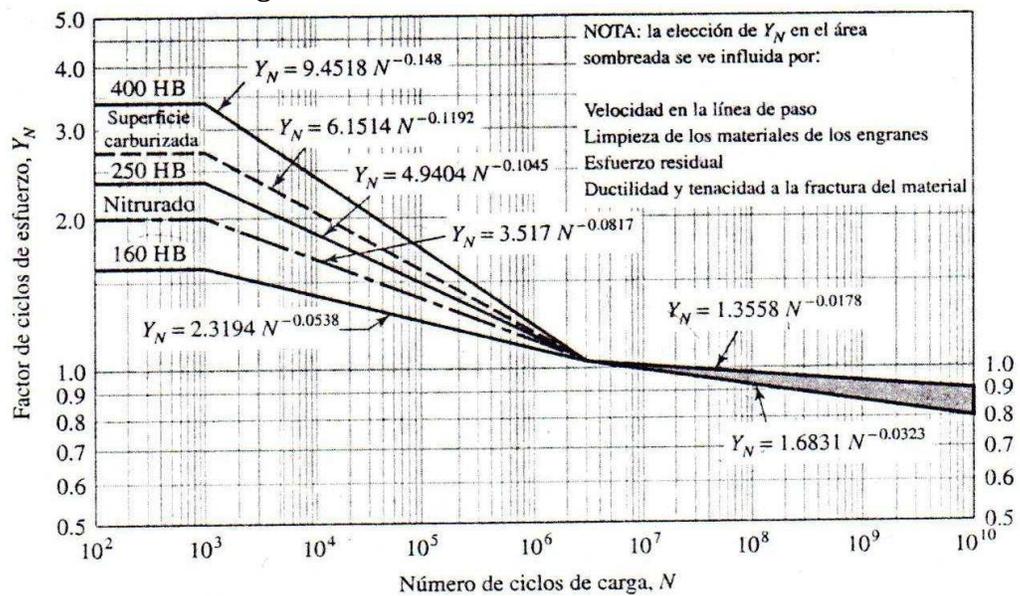


Figura C.4: Factor de ciclos de esfuerzo.



Apéndice D

NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

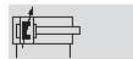
Figura D.1: Valores del factor de forma de Lewis.

Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Función



- Diámetro
32 ... 100 mm
- Carrera
2 ... 2 000 mm

Juegos de piezas de desgaste
→ 1 / 1.2-9



DIN



www.festo.com/es/
Repuestos



Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Tubo perfilado					
Amortiguación	Amortiguación neumática regulable en ambos lados					
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad					
Tipo de fijación	Con rosca interior					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12
Temperatura ambiente ¹⁾ [°C]	-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070

¡Atención! Para piezas instaladas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,4	0,7	1	1,3	2	3

Figura D.2: Final de carrera.

Transmisor de posiciones SMAT-8E, para ranura en T

Cuadro general de productos

FESTO



- Rango de medición de 50 mm
- Salida analógica 0 ... 10 V y 0 ... 20 mA
- Indicación de "fuera de rango"
- Precisión típica de repetición 0,1 mm
- Montaje directo en ranura en T

Informaciones detalladas sobre los productos
 → www.festo.com/catalogue/smat

Cuadro general de productos							
Forma	Tipo de fijación	Principio de medición	Tensión de funcionamiento	Salida analógica	Salida digital	Funcionamiento del elemento de maniobra	→ Página
Transmisor de posiciones SMAT-8E							
Para ranura en T	Introducción a lo largo de la ranura	Magnético	15 ... 30 V DC	0 ... 10 V 0 ... 20 mA	-	-	43

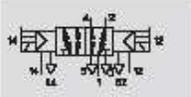
Figura D.3: Electroválvula.

Electroválvulas Compact Performance CPE



Hoja de datos: electroválvulas biestables de 5/2 vías

Función



Por ejemplo con aire de pilotaje exterior

- - Caudal
180 ... 3 200 l/min

- - Tensión
24 V DC
110, 230 V AC



Datos técnicos generales: Micro CPE10			Conexión roscada	Conexión por racor
Función de válvula			Válvula biestable de 5/2 vías	
Construcción			Válvula de corredera	
Principio de estanquidad			Por junta de material sintético	
Tipo de accionamiento			Eléctrico	
Tipo de mando			Servopilotaje	
Alimentación del aire de pilotaje			Interna o externa	
Sentido del flujo			Reversible con alimentación externa de aire de pilotaje	
Función de escape			Con estrangulación	
Accionamiento manual auxiliar			Con pulsador; con accesorio, enclavado	
Posición de montaje			Indistinta	
Tamaño			10 mm	
Patrón			12 mm	
Diámetro nominal			4 mm	4 mm
Caudal nominal			M5: 180 l/min M7: 350 l/min	QS-4: 180 l/min QS-6: 320 l/min
Tipo de fijación			Mediante taladros	
Conexión neumática			1, 2, 4 3, 5 12, 14 84	M5 o M7 M7 M3 M3 ∅ 4 ó ∅ 6 mm M7 ∅ 3 mm M3
Tiempo de conmutación			8 ms	
Peso del producto			68 g	95 g
Materiales			→ 2 / 2.1-39	

Condiciones de funcionamiento y del entorno			Conexión roscada	Conexión por racor
Fluido			Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación, grado de filtración 40 µm Vacío	
Presión de funcionamiento			Aire de pilotaje interior Aire de pilotaje exterior	2,5 ... 8 bar -0,9 ... +10 bar
Presión de pilotaje			2,5 ... 8 bar	
Temperatura ambiente			-5 ... +50 °C	
Temperatura del fluido			-5 ... +50 °C	

Datos eléctricos			Conexión roscada	Conexión por racor
Tensión de funcionamiento			24 V DC +10/-15%	
Consumo			1,28 W	
Clase de protección con conector			IP65 (NE 60529)	

Figura D.4: Compresor.

Compresores ▶



+ ZOOM

Catálogo

/Compresores / Katsu Power



Motocompresor Katsu Power Una Etapa



Características

- Repuestos intercambiables
- Garantía de operación continua
- Fácil mantenimiento.
- Mayor resistencia
- Excelente refrigeración y durabilidad
- Compresores para trabajo moderadora
- Motocompresores incluyen motor, tanque y guardapolea

Especificaciones

- **Cabezotes**
 - Construcción en hierro
 - Culatas de aluminio o hierro según modelo
 - Volantes balanceados
 - Mirilla de nivel de aceite
 - Tanques de alta presión
- **Motocompresores**
 - Valvula reemplazable a bajo costo
 - Interenfriador de alta capacidad
 - Bielas en aluminio o en hierro dúctil
 - Facil comprobación de nivel de aceite
 - Controles con protección térmica
 - tanques en acero para alta presión
 - Motores eléctricos monofásicos o trifásicos
 - Cilindros durables, mecanizados con gran precisión.

Aplicaciones

- Movimiento de herramientas neumáticas
- Alimentación de líneas neumáticas industriales

TABLA DE CABEZOTES KATSU POWER

MODELO	HP	RPM	Desplazamiento	Entrega efectiva CFM a 100 psi	Cilindros Diam x Ho	Etapas
RPS 1051A	1/2	920	2.5	1.5	51X1	1
RPS 1051A	3/4	1100	3	1.8	51X1	1
RPV 2051	1	700	4.5	2.7	51X2	1
RPV 2051	1.5	860	5.6	3.36	51X2	1
RPV 2051A	2	1100	7.1	4.26	51X2	1
RPV 2065A	2	800	8.6	5.16	65X2	1
RPV 2065A	3	930	10	6	65X2	1
RPW 3065A	3	870	15	9	65X3	1
RPW 3065A	4	900	16	9.6	65X3	1
RPV 2080	5	1000	21.2	12.72	80X2	1
RPV 2080	6.6	1200	25.4	15.24	80X2	1
RPW 3080	6.6	1000	31.8	19.08	80X3	1
RPW 3080	10	1050	42.5	25.5	80X3	1

TABLA DE MOTOCOMPRESORES KATSU POWER

MODELO	HP	RPM	DESPLAZAMIENTO	ENTREGA EFECTIVA CFM a 100 psi	TANQUE GALONES	CILINDRO Diam x Ho	ETAPAS
RPS 1051A-1/2M-13	0.5	920	2.5	1.5	13	51x1	1
RPS 1051A-3/4M-13	3/4	1100	3	1.8	13	51x1	1
RPV 2051-1M-24	1	700	4.5	2.7	24	51x1	1
RPV 2051-1.5M-24	1.5	860	5.6	3.36	24	51x1	1
RPV 2065A-2M-24	2	800	8.6	5.16	24	65x2	1
RPV 2065A-2T-24	2	800	8.6	5.16	24	65x2	1
RPV 2065A-3M-35	3	930	10	6	35	65x2	1
RPV 2065A-3T-35	3	930	10	6	35	65x2	1
RPW 3065A-3T-35	3	870	15	9	35	65x3	1
RPV 2080-5T-60	5	1000	21.2	12.72	60	80x2	1
RPV 2080-6.0T-60	6	1200	25.4	15.24	60	80x2	1
RPW 3080-6.0T-80	6	1000	31.8	19.08	80	80x3	1
RPW 3090-10T-120	10	1050	42.5	25.5	120	90x3	1

Figura D.5: Diseño de mando.

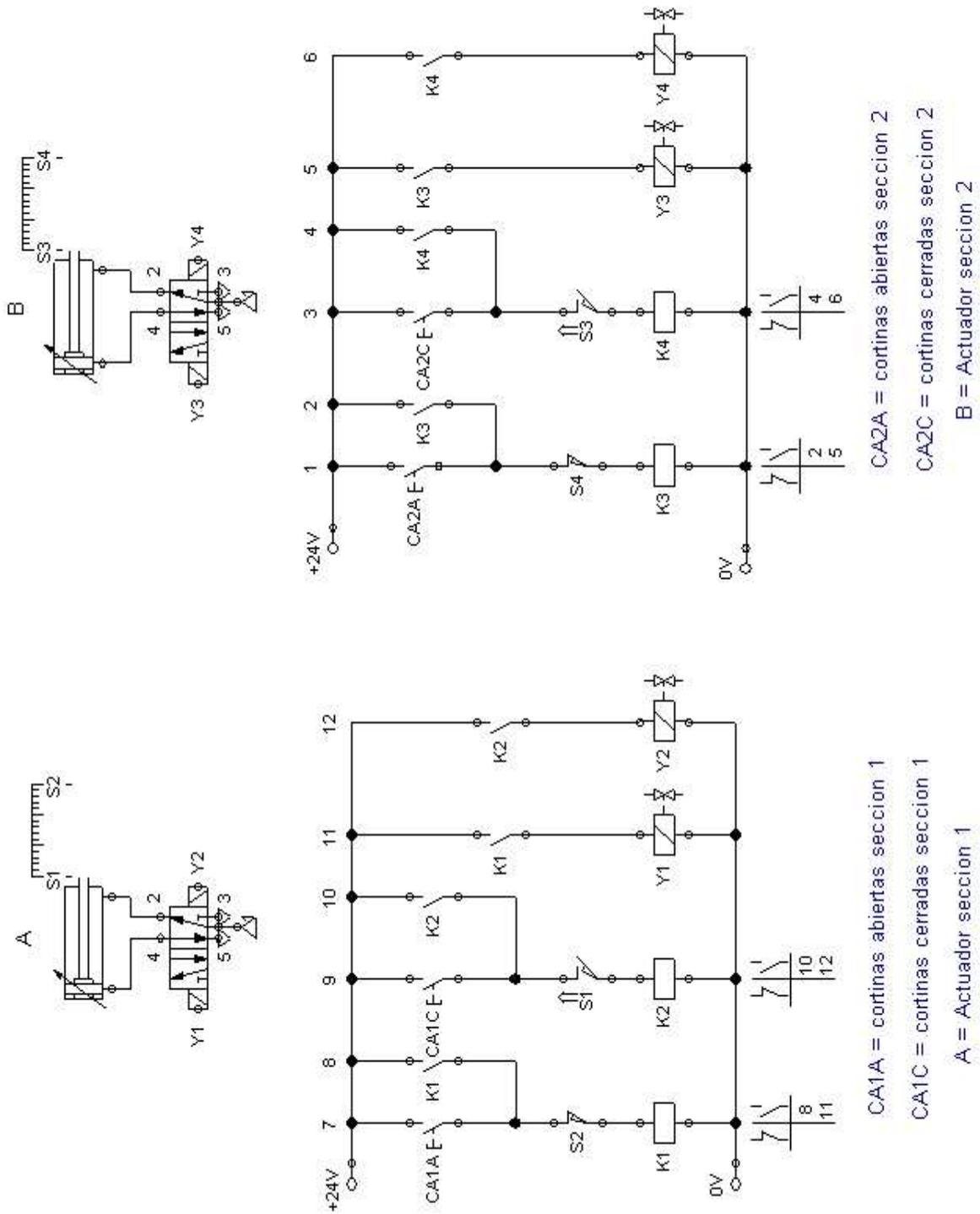


Figura D.6: Bomba.

Bombas IHM ▶
Bombas Importadas ▶





+ ZOOM
Manual | Documentación

/ Bombas IHM / Centrífugas Caracol

Características

- Bombas para trabajo continuo
- Motor monofásico tipo americano
- Versiones desde 1/4 hasta 2 HP
- Motobomba para presión y/o caudal
- Acoples Monoblock
- mayor duración y silenciosa

Especificaciones

- Eje en acero inoxidable 304
- Sello mecánico carbón / cerámica, buna-N
- Carcasa en hierro orientable en varias posiciones
- Versiones con rotor en Noryl o en bronce
- Rotor cerrado
- Empaque de neopreno
- Roscas NPT
- Modelos 2x4 con rotor en bronce diseñada para caudal

Aplicaciones

- Sistemas de agua y riego, para casas, fincas e industrias.
- Bombeo tanque a tanque



1B-1/4W

VERSIONES DISPONIBLES.

- Caracol Monofásica Económica
- Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX

Versión	Modelo	Succión x Descarga	Motor	Potencia	Rotor	Curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 -3/4W	2"	Monofásico	0.75 HP	84 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 - 1W	2"	Monofásico	1 HP	89 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 - 2MW	2"	Monofásico	2 HP	95 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-1/3W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.33 HP	104 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-1/2W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.5 HP	110 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-3/4W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.75 HP	120 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-1W	1.1/2"	Monofásico	1 HP	127 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-1.5MW	1.1/2"	Monofásico	1.5 HP	140 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-2MW	1.1/2"	Monofásico	2 HP	143 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1B-1/4W	1" x 1"	Monofásico	0.25 HP	98 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-1/2	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.5 HP	112 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-3/4	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.75 HP	117 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-1.0	1"	Monofásico	1 HP	127 mm	ver curva

Apéndice E

MOTORREDUCTOR

Figura E.1: Factor de servicio.

Tabla 3 - Factor de servicio

APLICACIONES	MOTORES ELÉCTRICOS										Motores a explosión		Máquinas a vapor	Con ligación directa o con eje intermedio
	Corriente alterada								Corriente continua		Gas-Diesel			
	Jaula de ardilla			Rotor enrollado	Sincronos	Mono-fásico		Excitación en derivación	Excitación en compound	4 o más cilindros con más de 700 rotaciones	4 o más cilindros con menos de 700 rotaciones			
	Arranque normal	Arranque estrella o triángulo	De alta potencia de arranque (jaula doble)			La repulsión con fase auxiliar de arranque	La inducción con arranque a condensador							
AGITADORES														
Para líquidos	1,0	1,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Para semilíquidos	1,2	1,0	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BOMBAS														
Centrifugas, de engranajes, rotativas	1,2	1,2	1,4	1,4	—	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	—
De pistón: de 3 o más cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,6	—	—	—	—	1,8	—	—	1,8	—
De pistón: de 1 o 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,6	1,8	—	—	—	—	2,0	—	—	2,0	—
De pistón: para dragar	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0	—	—	2,0	—
COMPRESORES														
Centrifugos y rotativos	1,2	1,2	—	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	—
Alternativos con 3 o más cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,4	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
Alternativos con 1 o 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,5	1,5	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
EJES DE TRANSMISIÓN	1,4	1,4	—	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	—	—	1,6	1,6
ASPIRADORES Y VENTILADORES														
Centrifugos y succión indirecta	1,2	1,2	—	1,4	—	—	—	1,4	—	1,2	—	—	1,5	1,5
Helicoidales	1,4	1,4	2,0	1,6	2,0	—	—	1,4	—	1,4	—	—	—	—
Sopladores	1,6	1,6	—	2,0	2,0	—	—	—	—	1,6	—	—	—	—
GRUPOS GENERADORES	1,4	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	—	1,6	1,6
MÁQUINAS PARA INDUSTRIA DE CAUCHO														
Calandra, "Bambury", mezcladores	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MÁQUINAS PARA INDUSTRIA DE CERÁMICA Y DE ACEITE														
Contadoras, granuladoras	—	1,2	1,4	1,4	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0
Amasadoras, picadoras	1,5	1,3	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mezcladoras, prensas	—	1,2	1,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MÁQUINA PARA INDUSTRIA GRÁFICA														
Rotat. offset, copiadoras, cortadoras, Prensa plana, linotipo	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
MÁQUINA PARA INDUSTRIA DE PAPEL														
Máquinas Jordan - holandesas	1,5	1,3	1,8	1,5	1,8	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Trituradoras	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Calandras, sacadores, enrolladoras	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	1,2	—	—	—	—	1,8

Figura E.2: Selección del perfil de la correa.

Selección del perfil de la correa y diámetro de la polea menor

Tabla 5 - Determinación del perfil de la correa

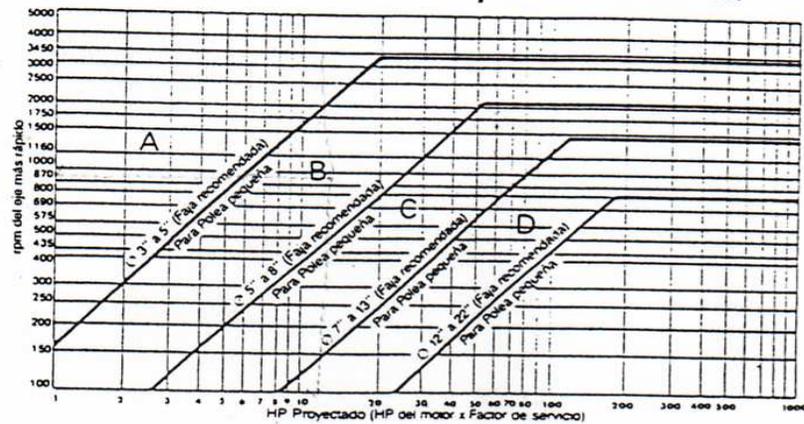


Tabla 6 - Diámetro primitivo mínimo recomendado para poleas acopladas a motores eléctricos

Potencia del motor		RPM DEL MOTOR											
		600/575		720/695		900/870		1200/1150		1800/1750		3600/3450	
HP	kW	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm
0.50	0.38	2.50	64	2.50	64	2.50	64						
0.75	0.56	3.00	76	2.50	64	2.50	64	2.50	64				
1.00	0.75	3.00	76	3.00	76	2.50	64	2.50	64	2.25	57		
1.50	1.13	3.00	76	3.00	76	3.00	76	2.50	64	2.50	64	2.25	57
2.00	1.50	3.75	95	3.00	76	3.00	76	2.50	64	2.50	64	2.50	64
3.00	2.25	4.50	114	3.75	95	3.00	76	3.00	76	2.50	64	2.50	64
5.00	3.75	4.50	114	4.50	114	3.75	95	3.00	76	3.00	76	2.50	64
7.50	5.63	5.25	133	4.50	114	4.50	114	3.75	95	3.00	76	3.00	76
10.00	7.50	6.00	152	5.25	133	4.50	114	4.50	114	3.75	95	3.00	76
15.00	11.25	6.75	171	6.00	152	5.25	133	4.50	114	4.50	114	3.75	95
20.00	15.00	8.25	210	6.75	171	6.00	152	5.25	133	4.50	114	4.50	114
25.00	18.75	9.00	229	8.25	210	6.75	171	6.00	152	4.50	114	4.50	114
30.00	22.50	10.00	254	9.00	229	6.75	171	6.75	171	5.25	133		
40.00	30.00	10.00	254	10.00	254	8.25	210	6.75	171	6.00	152		
50.00	37.50	11.00	279	10.00	254	9.00	229	8.25	210	6.57	171		
60.00	45.00	12.00	305	11.00	279	10.00	254	9.00	229	7.50	191		
75.00	56.25	14.00	356	13.00	330	10.00	254	10.00	254	9.00	229		
100.00	75.00	18.00	457	15.00	381	13.00	330	13.00	330	10.00	254		
125.00	93.75	20.00	508	18.00	457	15.00	381	13.00	330	11.00	279		
150.00	112.50	22.00	559	20.00	508	18.00	457	13.00	330				
200.00	150.00	22.00	559	22.00	559	22.00	559						
250.00	187.50	22.00	559	22.00	559								
300.00	225.00	27.00	686	27.00	686								

Figura E.3: Factores de proyecto.

Factores de proyecto

Tabla 7-Factor de corrección del arco de contacto F_{Ac}

$\frac{D_p - d_p}{C}$	Arco de Contacto en Grados Ac	Factor de corrección F_{Ac}	
		V-V	V-Plana
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174	0.99	0.76
0.20	169	0.97	0.78
0.30	163	0.96	0.79
0.40	157	0.94	0.80
0.50	151	0.93	0.81
0.60	145	0.91	0.83
0.70	139	0.89	0.84
0.80	133	0.87	0.85
0.90	127	0.85	0.86
1.00	120	0.82	0.82
1.10	113	0.80	0.80
1.20	106	0.77	0.77
1.30	99	0.73	0.73
1.40	91	0.70	0.70
1.50	83	0.65	0.65

V- Plana, para transmisiones con polea grande plana y polea pequeña ranurada (canal en "V").

Otra fórmula para calcular el arco de contacto:

$$Ac = 180^\circ - \frac{(D_p - d_p) \cdot 60}{C} \text{ (en grados)}$$

D_p = Diámetro primitivo de la polea mayor

d_p = Diámetro primitivo de la polea menor

C = Distancia entre centros de los ejes

Tabla 8-Factor de corrección del largo F_{Lp}

Designación del tamaño	Perfil/Factor de corrección F_{Lp}				
	A	B	C	D	E
26	0.78				
31	0.82				
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			
51	0.93	0.88	0.80		
55	0.95	0.89			
60	0.97	0.91	0.83		
68	1.00	0.94	0.85		
75	1.02	0.96	0.87		
80	1.04				
81		0.98	0.89		
85	1.05	0.99	0.90		
90	1.07	1.00	0.91		
96	1.08		0.92		
97		1.02			
105	1.10	1.03	0.94		
112	1.12	1.05	0.95		
120	1.13	1.06	0.96	0.86	
128	1.15	1.08	0.98	0.89	
144		1.10	1.00	0.91	
158		1.12	1.02	0.93	
173		1.14	1.04	0.94	
180		1.15	1.05	0.95	0.92
195		1.17	1.06	0.96	0.93
210		1.18	1.07	0.98	0.95
240		1.22	1.10	1.00	0.97
270		1.24	1.13	1.02	0.99
300		1.27	1.15	1.04	1.01
330			1.17	1.06	1.03
360			1.18	1.07	1.04
390			1.20	1.09	1.06
420			1.21	1.10	1.07
480				1.13	1.09
540				1.15	1.11
600				1.17	1.13
660				1.18	1.15

Figura E.4: Perfil A.

Tabla 9 - HP por correa - Perfil A

CAPACIDAD EN HP POR CORREA CON ARCO DE CONTACTO DE 180°

RPM del eje mas rapido	HP BASICO POR CORREA PARA DIAMETROS NOMINALES DE LAS POLEAS MENORES													RPM del eje mas rapido	HP ADICIONAL POR CORREA PARA LA RELACION DE VELOCIDAD R.									
	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00		1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.21	1.28	1.40	1.65
														a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	y
														1.01	1.04	1.07	1.10	1.14	1.20	1.27	1.39	1.64	arriba	
575	0.46	0.55	0.63	0.72	0.80	0.88	0.97	1.05	1.13	1.21	1.29	1.37	1.45	575	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
690	0.56	0.63	0.73	0.83	0.93	1.02	1.12	1.22	1.32	1.41	1.51	1.60	1.70	690	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
725	0.55	0.65	0.76	0.96	0.96	1.07	1.17	1.27	1.37	1.47	1.57	1.67	1.77	725	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10
870	0.63	0.75	0.87	0.99	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71	1.82	1.94	2.06	870	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12
950	0.67	0.80	0.93	1.07	1.20	1.33	1.45	1.58	1.71	1.84	1.96	2.09	2.21	950	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13
1160	0.77	0.93	1.08	1.24	1.40	1.55	1.70	1.86	2.01	2.16	2.30	2.45	2.60	1160	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16
1425	0.88	1.07	1.26	1.45	1.63	1.82	2.00	2.18	2.36	2.53	2.71	2.88	3.05	1425	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
1750	1.01	1.23	1.46	1.68	1.90	2.11	2.33	2.54	2.75	2.96	3.16	3.36	3.56	1750	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.23
2850	1.31	1.64	1.97	2.29	2.60	2.91	3.21	3.50	3.78	4.06	4.33	4.59	4.84	2850	0.00	0.04	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	0.38
3450	1.40	1.78	2.15	2.51	2.86	3.20	3.52	3.84	4.14	4.43	4.71	4.97	5.22	3450	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.41	0.46
200	0.20	0.23	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.59	200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
400	0.35	0.41	0.47	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77	0.83	0.89	0.95	1.01	1.07	400	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
600	0.43	0.56	0.65	0.74	0.83	0.91	1.00	1.09	1.17	1.26	1.34	1.42	1.51	600	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
800	0.59	0.70	0.82	0.93	1.04	1.16	1.27	1.38	1.49	1.59	1.70	1.81	1.92	800	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11
1000	0.69	0.83	0.97	1.11	1.24	1.38	1.52	1.65	1.78	1.91	2.04	2.17	2.30	1000	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
1200	0.76	0.95	1.11	1.27	1.43	1.59	1.75	1.91	2.06	2.21	2.37	2.52	2.67	1200	0.00	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16
1400	0.87	1.06	1.25	1.43	1.61	1.79	1.97	2.15	2.32	2.50	2.67	2.84	3.01	1400	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19
1600	0.95	1.16	1.37	1.58	1.78	1.98	2.18	2.38	2.57	2.77	2.96	3.14	3.33	1600	0.00	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
1800	1.02	1.25	1.49	1.71	1.94	2.16	2.38	2.59	2.81	3.02	3.22	3.43	3.63	1800	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24
2000	1.09	1.34	1.59	1.84	2.08	2.32	2.56	2.79	3.02	3.25	3.47	3.69	3.91	2000	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
2200	1.15	1.42	1.69	1.96	2.22	2.48	2.73	2.98	3.23	3.47	3.71	3.94	4.17	2200	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29
2400	1.21	1.50	1.79	2.07	2.35	2.62	2.89	3.16	3.42	3.67	3.92	4.16	4.40	2400	0.00	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
2600	1.25	1.57	1.87	2.17	2.47	2.76	3.04	3.32	3.59	3.86	4.12	4.37	4.61	2600	0.00	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
2800	1.30	1.63	1.95	2.27	2.58	2.88	3.18	3.47	3.75	4.02	4.29	4.55	4.80	2800	0.00	0.04	0.08	0.12	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37
3000	1.34	1.68	2.02	2.35	2.68	2.99	3.30	3.60	3.89	4.17	4.44	4.71	4.96	3000	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40
3200	1.37	1.73	2.08	2.43	2.76	3.09	3.41	3.71	4.01	4.30	4.57	4.84	5.09	3200	0.00	0.05	0.09	0.14	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.43
3400	1.40	1.77	2.14	2.50	2.84	3.18	3.50	3.82	4.12	4.41	4.68	4.95	5.20	3400	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
3600	1.42	1.81	2.19	2.55	2.91	3.25	3.58	3.90	4.20	4.49	4.77	5.03	5.28	3600	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48
3800	1.43	1.83	2.23	2.60	2.97	3.32	3.65	3.97	4.27	4.56	4.83	5.09	5.32	3800	0.00	0.06	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51
4000	1.44	1.86	2.26	2.64	3.01	3.36	3.70	4.02	4.32	4.60	4.87	5.11	5.34	4000	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.53
4200	1.44	1.87	2.29	2.67	3.04	3.40	3.74	4.05	4.35	4.63	4.88	5.11	5.32	4200	0.00	0.06	0.12	0.19	0.25	0.31	0.37	0.44	0.50	0.56
4400	1.44	1.88	2.29	2.69	3.07	3.42	3.76	4.07	4.36	4.62	4.86	5.08	5.26	4400	0.00	0.07	0.13	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.52	0.59
4600	1.43	1.87	2.30	2.70	3.07	3.43	3.76	4.06	4.34	4.59	4.82	5.01	5.18	4600	0.00	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61
4800	1.42	1.85	2.29	2.69	3.07	3.42	3.74	4.04	4.30	4.54	4.74	4.91	4800	0.00	0.07	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64	
5000	1.35	1.85	2.28	2.68	3.05	3.40	3.71	3.99	4.24	4.46	4.64	5000	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.59	0.67		
5200	1.36	1.82	2.25	2.65	3.02	3.36	3.66	3.93	4.16	4.35	5200	0.00	0.08	0.15	0.23	0.31	0.39	0.46	0.54	0.62	0.69			
5400	1.33	1.75	2.22	2.62	2.98	3.30	3.59	3.84	4.05	5400	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.72				
5600	1.25	1.75	2.17	2.57	2.92	3.23	3.50	3.73	5600	0.00	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75					
5800	1.24	1.70	2.12	2.50	2.84	3.14	3.39	3.60	5800	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.78					
6000	1.15	1.64	2.06	2.43	2.76	3.04	3.26	6000	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.53	0.62	0.71	0.80						
6200	1.11	1.57	1.96	2.34	2.65	2.91	6200	0.00	0.09	0.18	0.28	0.37	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83							
6400	1.04	1.49	1.89	2.24	2.53	2.77	6400	0.00	0.10	0.19	0.29	0.38	0.48	0.57	0.67	0.76	0.85							
6600	0.96	1.40	1.79	2.12	2.40	6600	0.00	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.86								
6800	0.87	1.31	1.68	1.99	2.24	6800	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91								
7000	0.78	1.21	1.56	1.85	7000	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.62	0.73	0.83	0.94									
7200	0.57	1.03	1.32	7200	0.00	0.11	0.21	0.32	0.43	0.53	0.64	0.75	0.86	0.96										
7400	0.56	1.01	1.28	7400	0.00	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99										
7600	0.44	0.82	1.12	7600	0.00	0.11	0.23	0.34	0.45	0.56	0.68	0.79	0.90	1.02										
7800	0.31	0.67	7800	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.69	0.81	0.93	1.04											

Figura E.5: Designación.

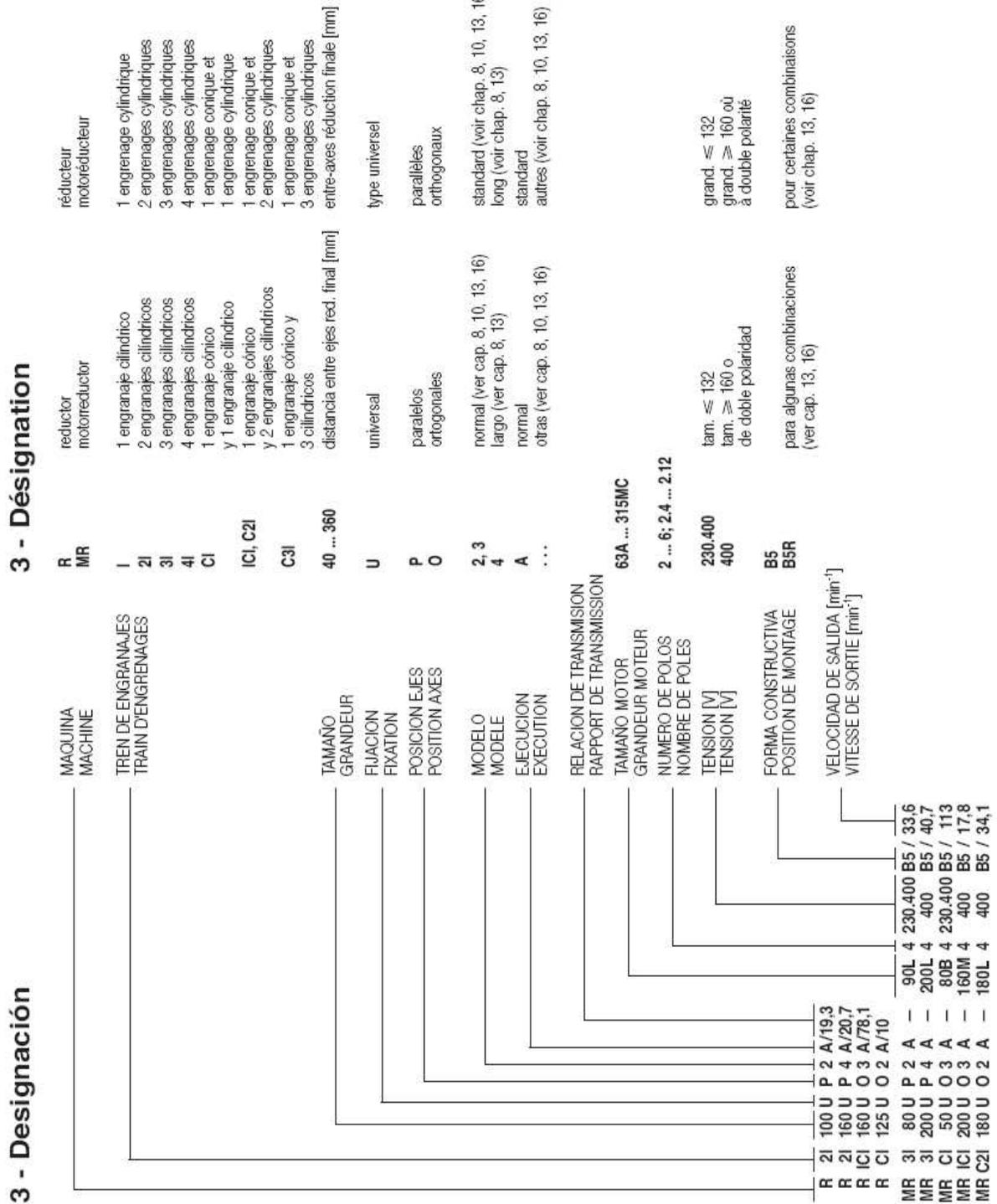
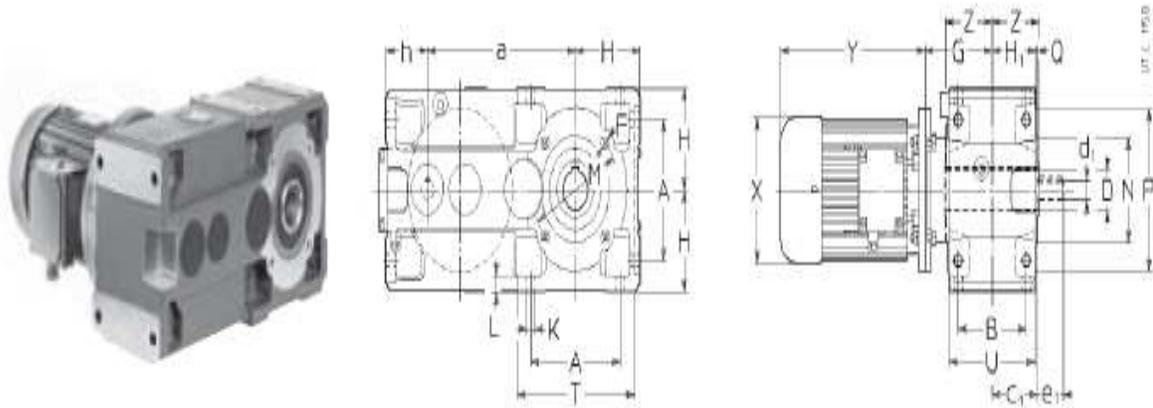


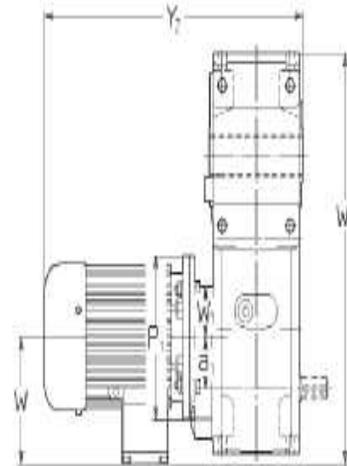
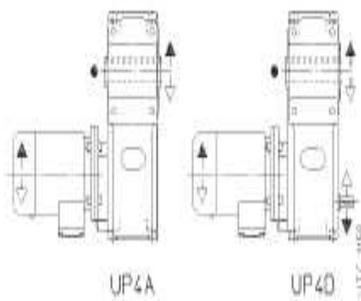
Figura E.6: Duración de funcionamiento.

Naturaleza de la carga ¹⁾ de la máquina accionada Nature de la charge ¹⁾ de la machine entraînée		Duración de funcionamiento [h] Durée de fonctionnement [h]				
Ref. Réf.	Descripción Description	6 300 2 h/d	12 500 4 h/d	25 000 8 h/d	50 000 16 h/d	80 000 24 h/d
a	Uniforme	0,8	0,9	1	1,18	1,32
	Uniforme					
b	Sobrecargas moderadas (1,6 x normal)	1	1,12	1,25	1,5	1,7
	Surcharges moderées (1,6 x normal)					
c	Sobrecargas fuertes (2,5 x normal)	1,32	1,5	1,7	2	2,24
	Fortes surcharges (2,5 x normal)					

Figura E.7: Motorreductor.



Ejecución¹⁾ (sentido de rotación)
 Exécution¹⁾ (sens de rotation)



● Posición ranura de referencia (ver cap. 20) para el control de la carga radial.

● Position de la gorge de référence (voir chap. 20) pour la vérification de la charge radiale.

Tam. Grand.	a	A	B	c ₁	D ∅ H7	d ₁ ∅	e ₁	F	G	H	H ₁	h h11	K ∅	L	M ∅	N ∅ h6	P	Q	T	U	Z	P ₁ ∅	X ∅	Y ∞	Y ₂ ∞	W ∞	W ₁	W ₂ ∞	Masa Masse kg				
																														Red. Réd.	Motor Moteur	B5	a ₁
100	80	284,7	172	131	87	48	24	50	M12	130	125	84,5	80,3	16	20	165	130	200	3,5	228	165	90	200	160	231	307	451	527	122	62	490	70	75
	90	63																				200	180	270	355	490	575	149		496	76	81	
	100																					250	207	343	419	563	639	164		511	83	90	
	112																					250	207	343	445	563	665	164		511	93	104	
125	90	358	212	162	107	60	28	60	4)	159	150	103,5	100	18	23	215	180	250	4	274	201	110	200	180	270	355	539	624	149	86	608	124	129
	100	80																				250	207	343	419	612	688	164		608	131	138	
	112																					250	207	343	445	612	714	164		608	141	152	
	132										164											300	280	402	537	676	811	196		624	171	187	

1) Para la ejecución del motor ver cap. 3.

2) Longueur utile de la rosca 2 - F.

3) Valeurs valables pour moteur frein.

4) Dimension, número y posición angular ver cap. 20.

1) Pour l'exécution du moteur, voir chap. 3.

2) Longueur utile du filetage 2 - F.

3) Valeurs valables pour moteur frein.

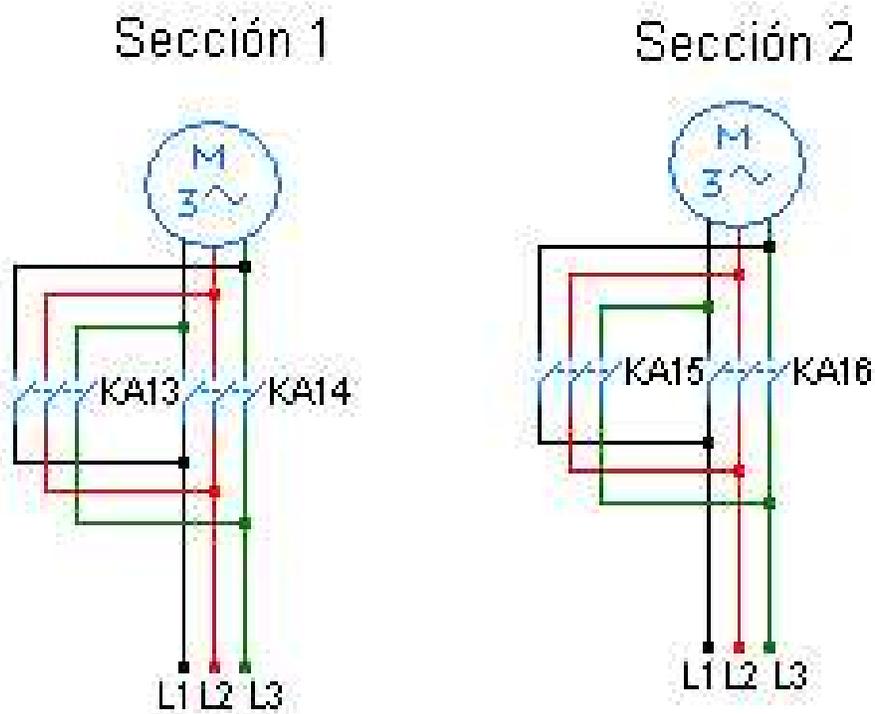
4) Pour dimension, nombre et position angulaire, voir chap. 20.

Figura E.8: Reductor.

P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i	
1)				2)		
0,55	8,83	55	1,25	MR 4l 80 - 71 C	4	159
	8,83	55	1,5	MR 4l 81 - 71 C	4	159
	8,32	58	1,18	MR 4l 80 - 80 A	4	168
	8,32	58	1,32	MR 4l 81 - 80 A	4	168
	8,6	56	2,5	MR 4l 100 - 80 A	4	163
	9,98	49,4	2,5	MR 3l 100 - 80 B	6	90,1
	10,7	45,1	0,9	MR 4l 64 - 71 C	4	131
	10,1	47,8	1,4	MR 4l 80 - 71 C	4	139
	10,1	47,8	1,6	MR 4l 81 - 71 C	4	139
	11,1	43,7	1,5	MR 4l 80 - 80 A	4	127
	11,1	43,7	1,8	MR 4l 81 - 80 A	4	127
	11,2	43	3,35	MR 4l 100 - 80 A	4	124
	11,9	41,4	3	MR 3l 100 - 80 B	6	75,5
	13,5	35,7	0,9	MR 4l 63 - 71 C	4	103
	13	37,2	1,06	MR 4l 64 - 71 C	4	108
	12,7	38,2	1,8	MR 4l 80 - 80 A	4	111
	12,7	38,2	2	MR 4l 81 - 80 A	4	111
	14,2	34,8	1,7	MR 3l 80 - 71 C	4	98,8
	14,2	34,8	1,9	MR 3l 81 - 71 C	4	98,8
	16,5	29,3	1,06	MR 4l 63 - 71 C	4	84,9
	15,8	30,6	1,32	MR 4l 64 - 71 C	4	88,6
	18,4	26,8	1	MR 3l 63 - 80 B	6	48,9
	17,7	27,9	1,18	MR 3l 64 - 80 B	6	50,9
	16,8	28,7	2,36	MR 4l 80 - 80 A	4	83,2
	16,9	29,2	2	MR 3l 80 - 71 C	4	82,7
	16,9	29,2	2,24	MR 3l 81 - 71 C	4	82,7
	22,9	21,5	1,25	MR 3l 63 - 71 C	4	61,1
	22	22,4	1,5	MR 3l 64 - 71 C	4	63,5
	23	21,5	1,5	MR 3l 63 - 80 B	6	39,1
	22,1	22,4	1,7	MR 3l 64 - 80 B	6	40,8
	21,1	23,4	2,8	MR 3l 80 - 71 C	4	66,3
	21,2	23,3	2,5	MR 3l 80 - 80 A	4	66
	30,3	16,3	0,8	MR 3l 50 - 71 C	4	46,2
	28,6	17,2	1,8	MR 3l 63 - 71 C	4	48,9
	28,6	17,2	1,6	MR 3l 63 - 80 A	4	48,9
	27,5	17,9	1,9	MR 3l 64 - 80 A	4	50,9
	36,8	13,4	1,06	MR 3l 50 - 71 C	4	38
	36,9	13,7	0,95	MR 2l 50 - 80 B	6	24,4
	34,9	14,2	2,24	MR 3l 63 - 71 C	4	40,1
	35,8	13,8	2,24	MR 3l 63 - 80 A	4	39,1
	37,4	13,5	2	MR 2l 63 - 80 B	6	24,1
	45,2	10,9	1,5	MR 3l 50 - 71 C	4	30,9
	44,8	11,2	1,32	MR 2l 50 - 80 B	6	20,1
	43,6	11,3	2,8	MR 3l 63 - 80 A	4	32,1
	46,7	10,8	3	MR 2l 63 - 80 B	6	19,3
	60,2	8,2	2	MR 3l 50 - 71 C	4	23,3
	57,4	8,8	1,4	MR 2l 50 - 71 C	4	24,4
	55,1	9,2	1,8	MR 2l 50 - 80 B	6	16,3
	58,1	8,7	3,15	MR 2l 63 - 71 C	4	24,1
	58,1	8,7	3,15	MR 2l 63 - 80 A	4	24,1
	63,3	8	0,85	MR 2l 40 - 71 C	4	22,1
	72,3	6,8	2,5	MR 3l 50 - 71 C	4	19,4
	69,7	7,2	2	MR 2l 50 - 71 C	4	20,1
	76,9	6,6	1,12	MR 2l 40 - 71 C	4	18,2
	87,2	5,8	1	MR 2l 40 - 71 C	4	16,1
	85,6	5,9	2,8	MR 2l 50 - 71 C	4	16,3
	105	4,79	1,4	MR 2l 40 - 71 C	4	13,3
	114	4,43	3,55	MR 2l 50 - 71 C	4	12,3
	128	3,94	1,8	MR 2l 40 - 71 C	4	11
	137	3,69	4,5	MR 2l 50 - 71 C	4	10,2
	165	3,05	2,24	MR 2l 40 - 71 C	4	8,48
	175	2,89	5,6	MR 2l 50 - 71 C	4	8,01
	208	2,43	2,24	MR 2l 40 - 71 C	4	6,75
	218	2,31	6,3	MR 2l 50 - 71 C	4	6,42

Figura E.9: Conexión de los motores.

MOTORES PARA LAS VENTANAS



Apéndice F

PLC

Programación del PLC en ladder del proceso.

Figura F.1: Programación.

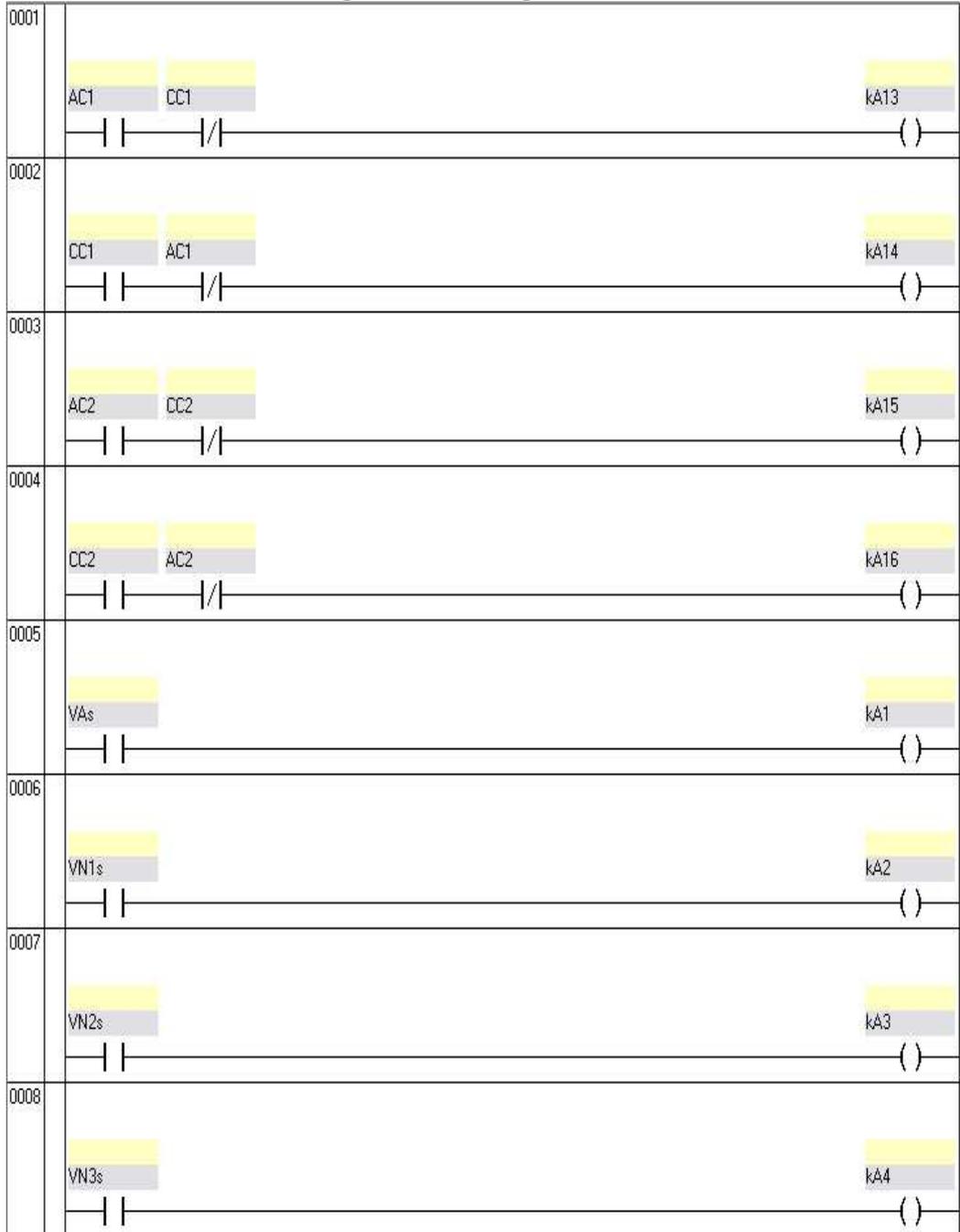


Figura F.2: Programación.

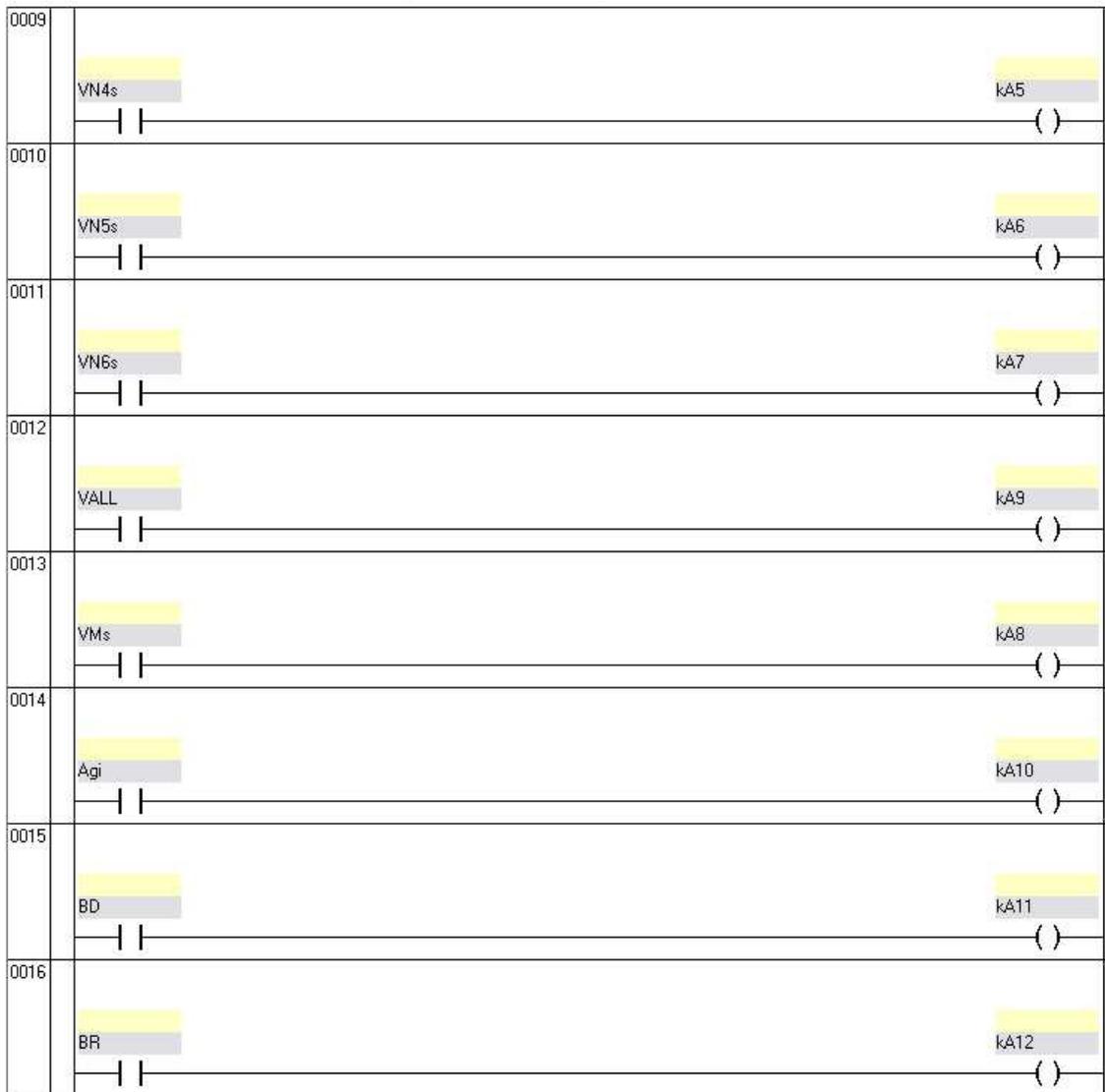


Figura F.3: Variables.

00.0	KA1
00.1	KA2
00.2	KA3
00.3	KA4
00.4	KA5
00.5	KA6
00.6	KA7
00.7	KA8
00.8	KA9
00.9	KA10
00.10	KA11
00.11	KA12
00.12	KA13
00.13	KA14
00.14	KA15
00.15	KA16
I0.0	dAi
I0.1	dN1i
I0.2	dN2i
I0.3	dN3i
I0.4	dN4i
I0.5	dN5i
I0.6	dN6i
I0.7	dMi
I0.8	dRi
I0.9	T1i
I0.10	T1e
I0.11	T2i
I0.12	T2e
I0.13	SpH
I0.14	VAs
I0.15	VN1s
I1.0	VN2s
I1.1	VN3s
I1.2	VN4s
I1.3	VN5s
I1.4	VN6s
I1.5	VALL
I1.6	VMs
I1.7	AgI
I1.8	BD
I1.9	BR
I1.10	AC1
I1.11	CC1
I1.12	AC2
I1.13	CC2

Apéndice G

DIAGRAMAS DE FLUJO

Figura G.1: Programa.

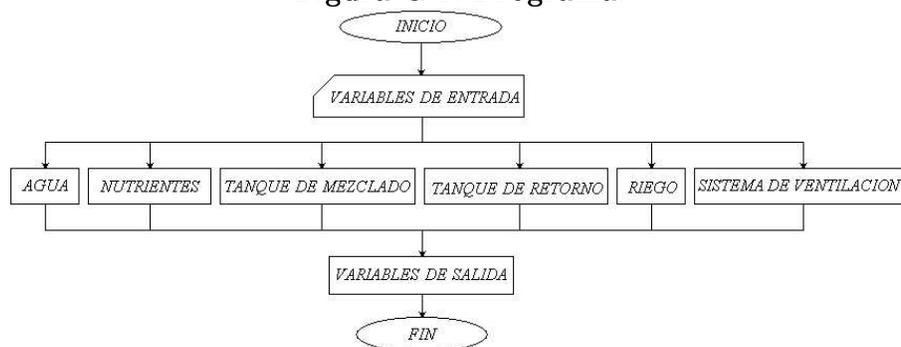


Figura G.2: Agua.

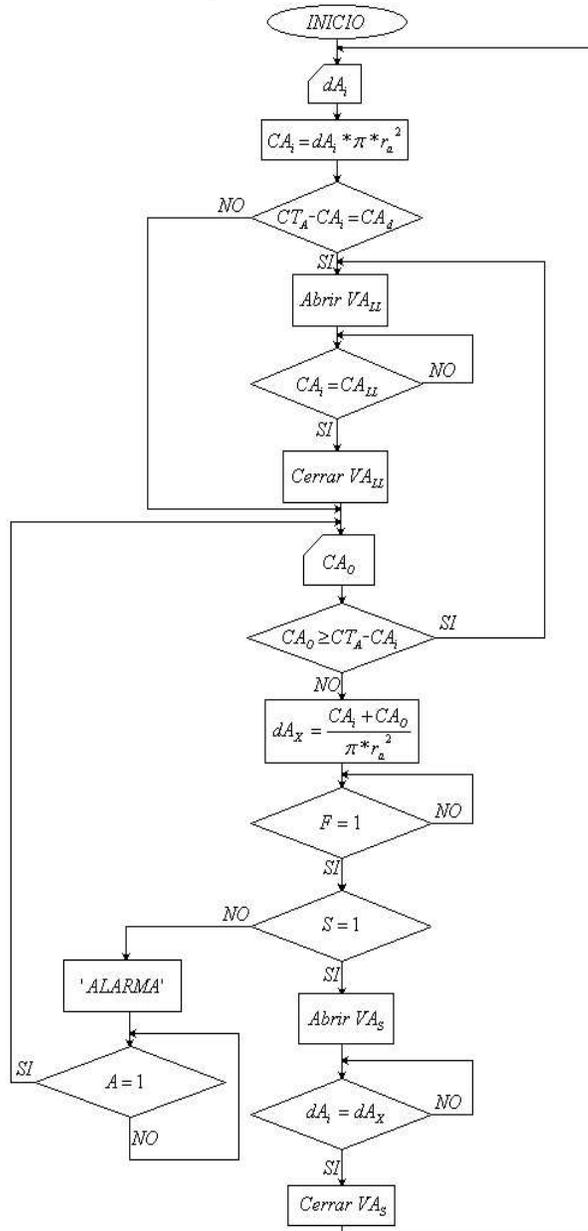


Figura G.3: Nutrientes.

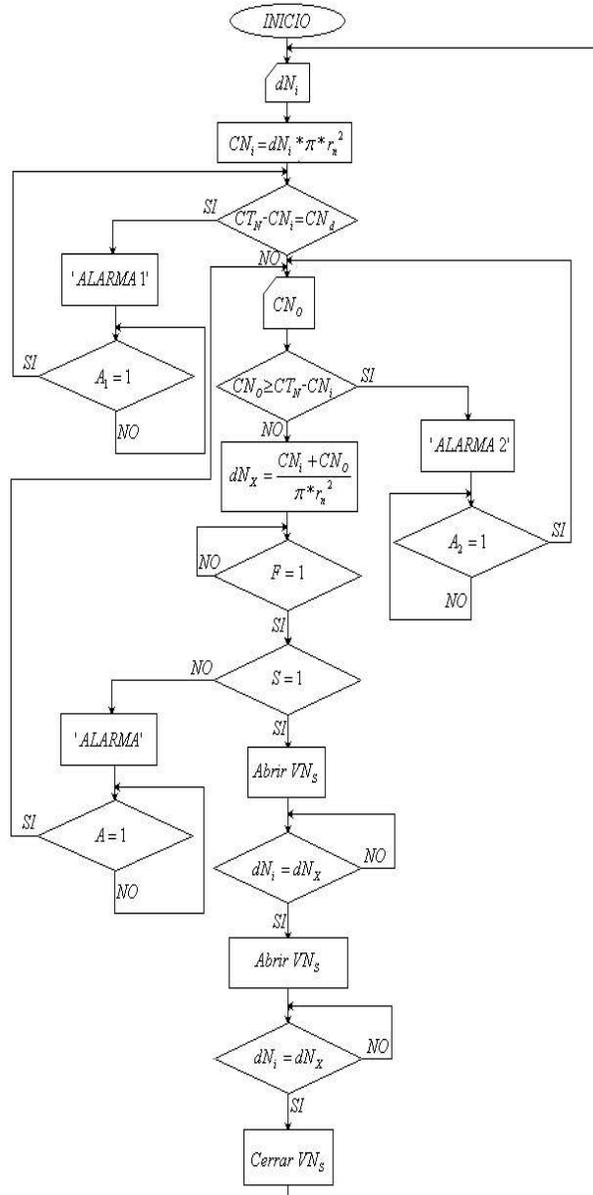


Figura G.4: Tanque de mezclado.

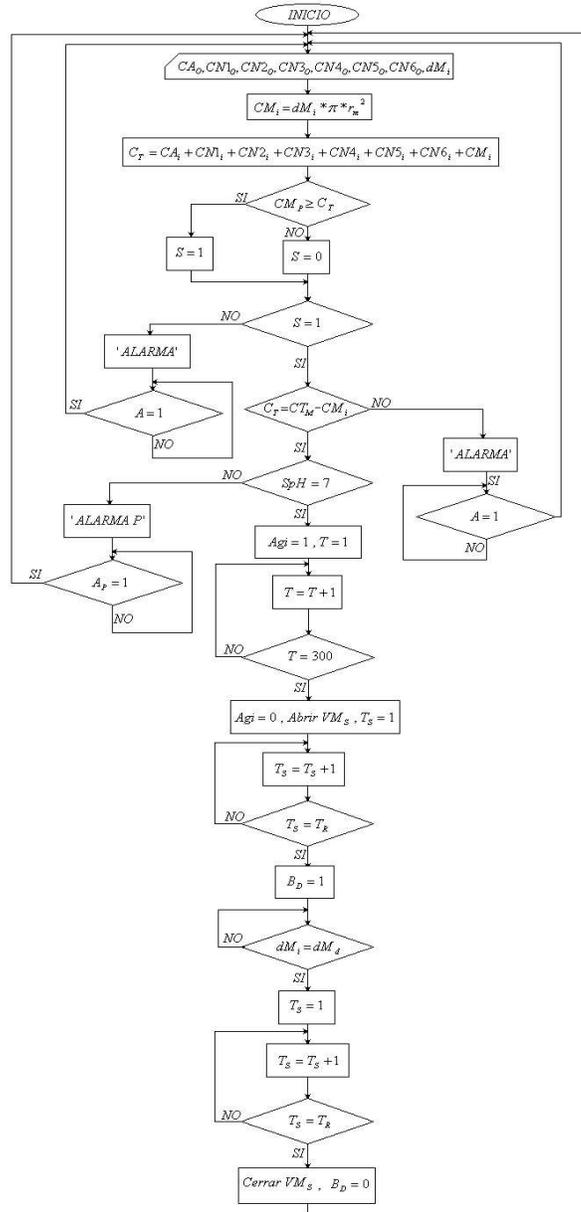


Figura G.5: Tanque de retorno.

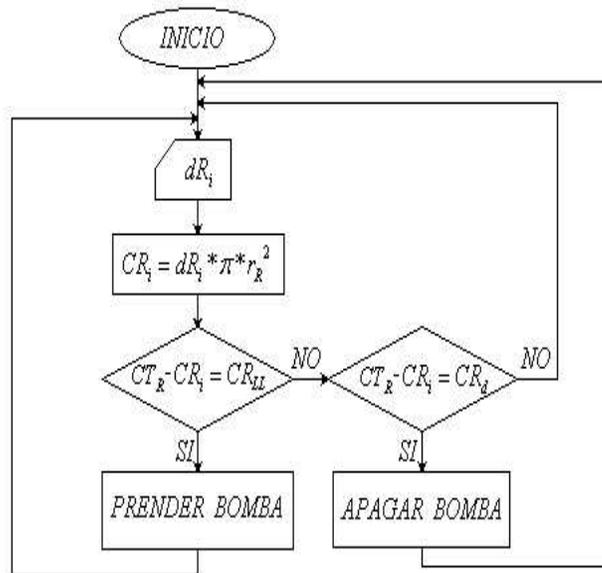


Figura G.6: Riego.

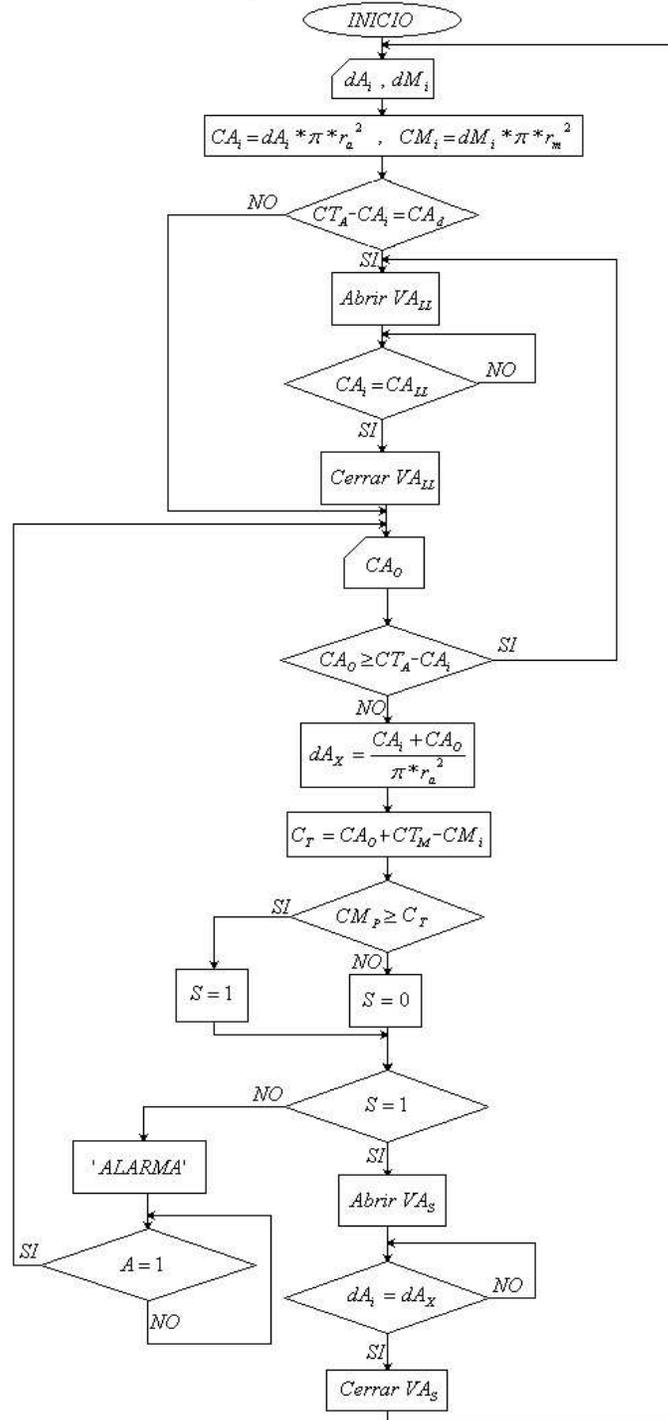
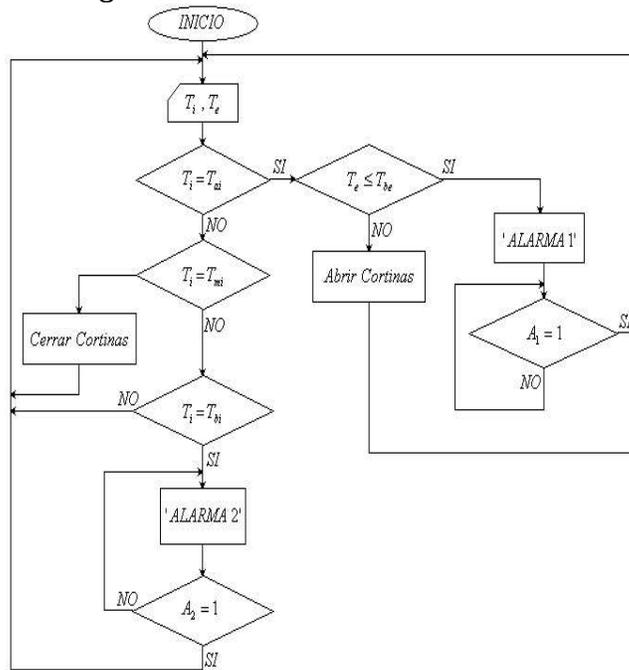


Figura G.7: Sistema de ventilación.



Apéndice H

DISEÑO FINAL

Figura H.1: Con neumática.

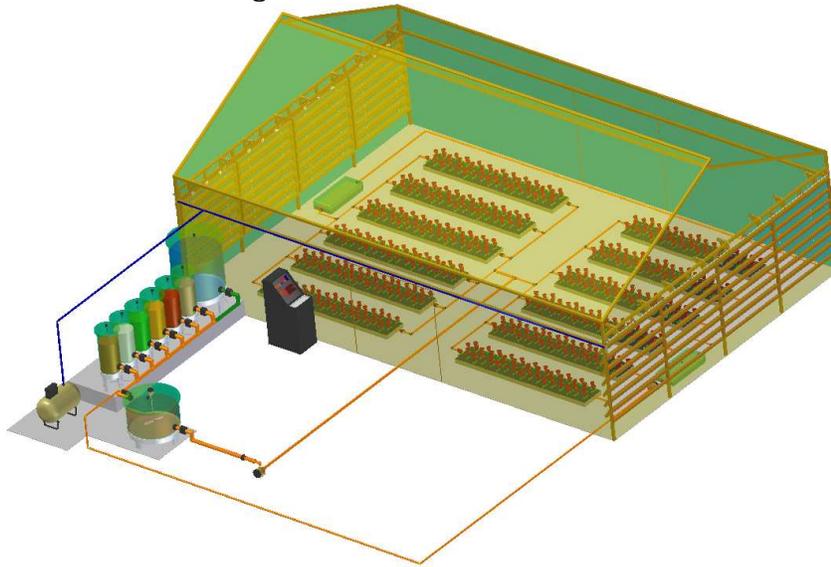


Figura H.2: Con neumática.

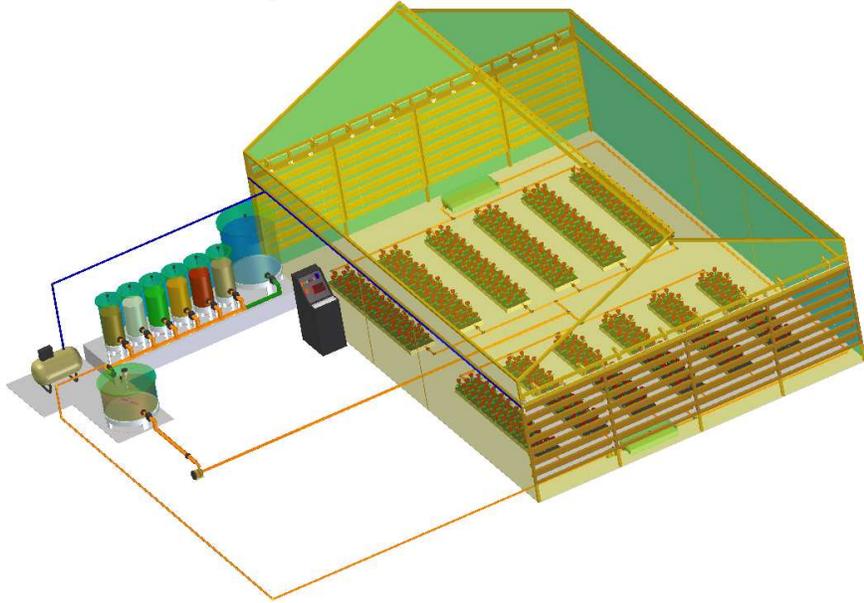


Figura H.3: Con motor.

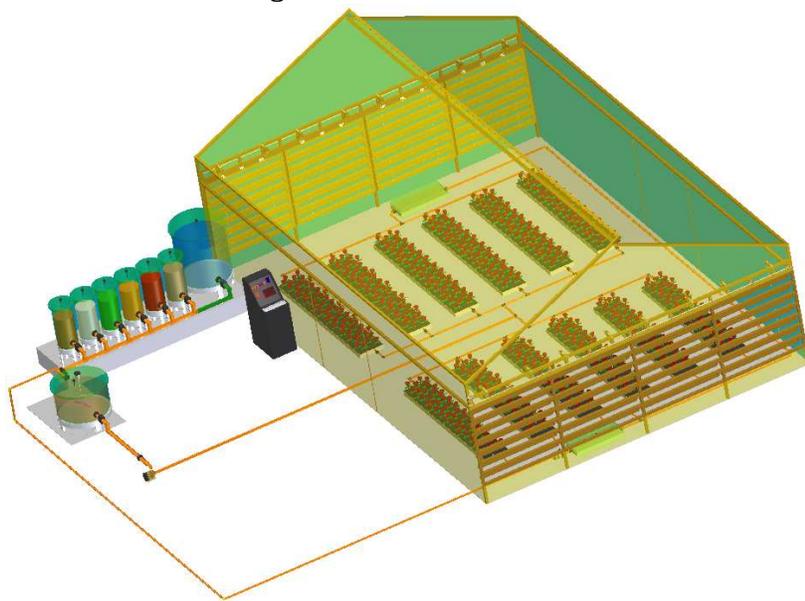


Figura H.4: Con motor.

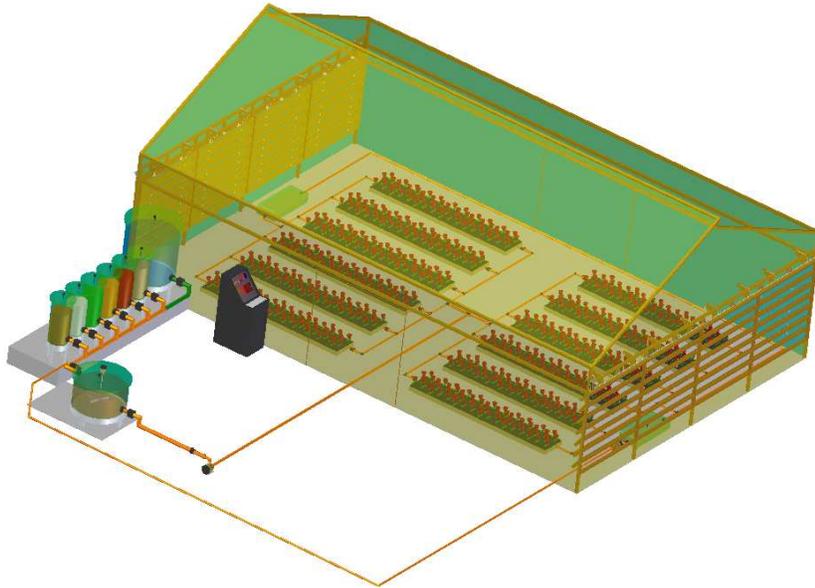
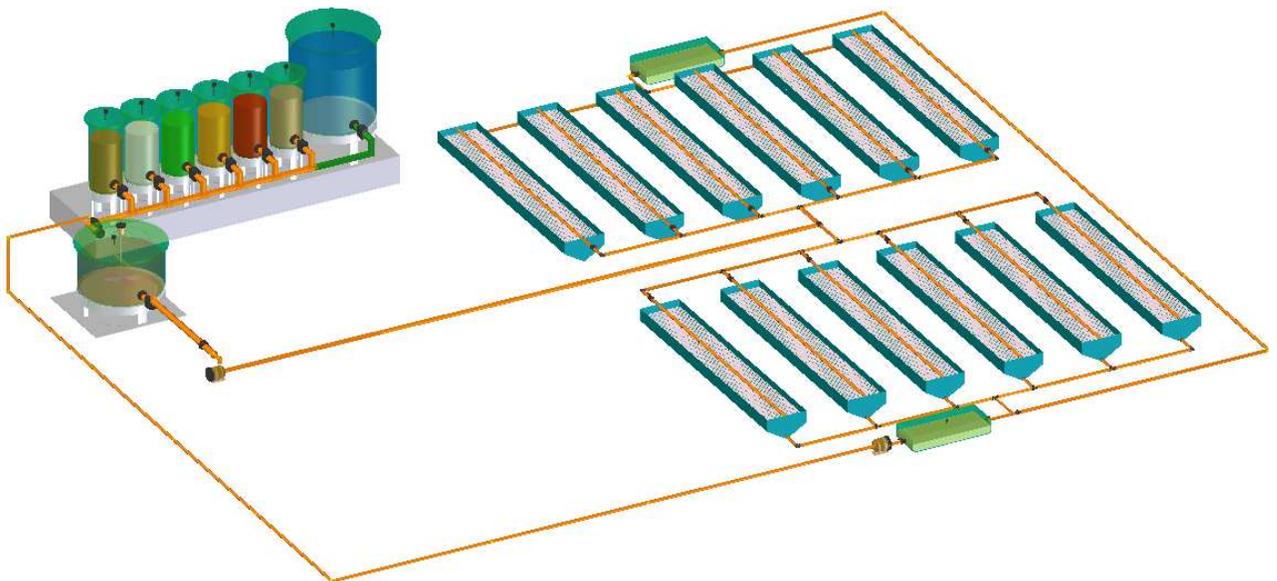
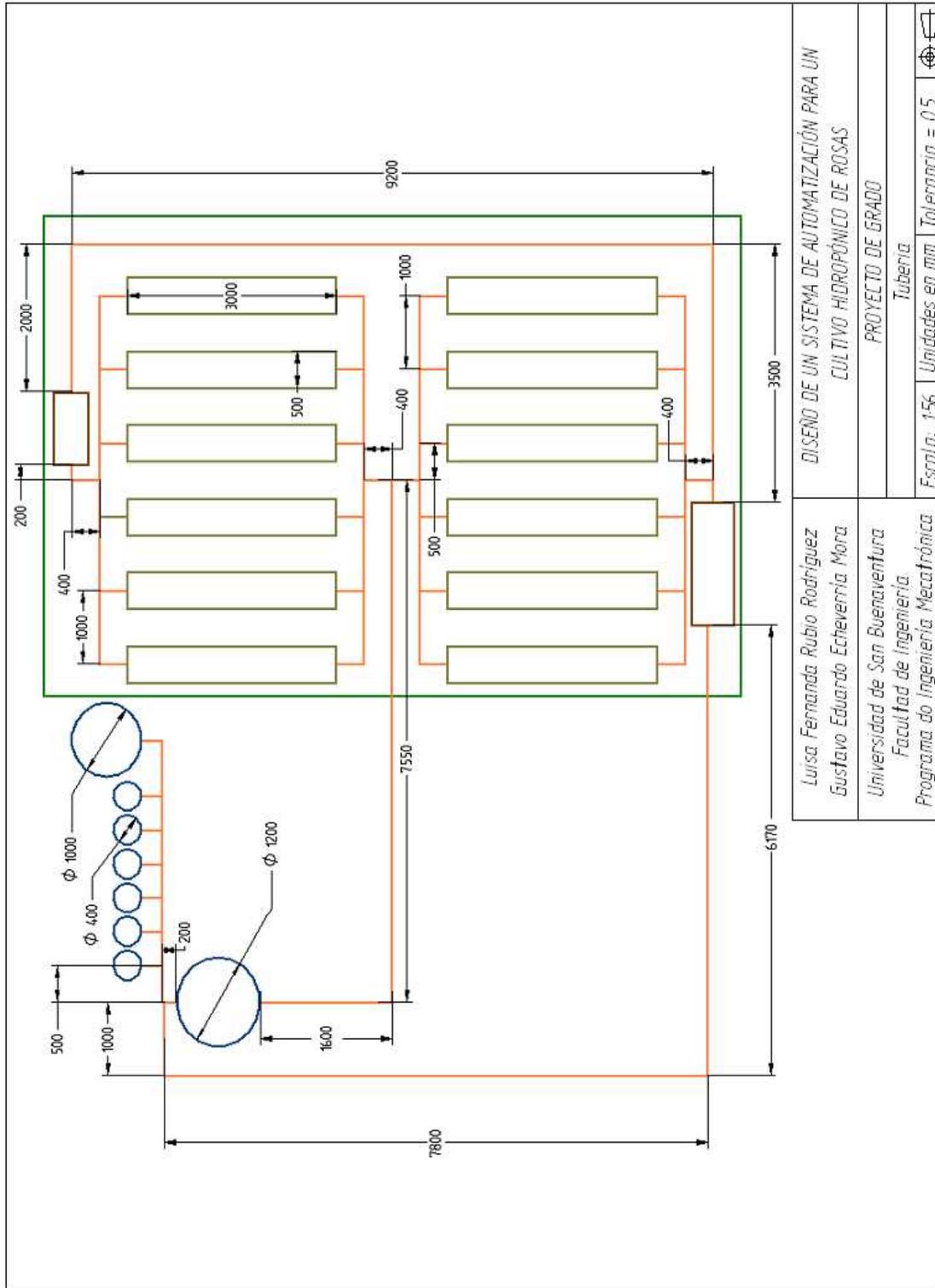


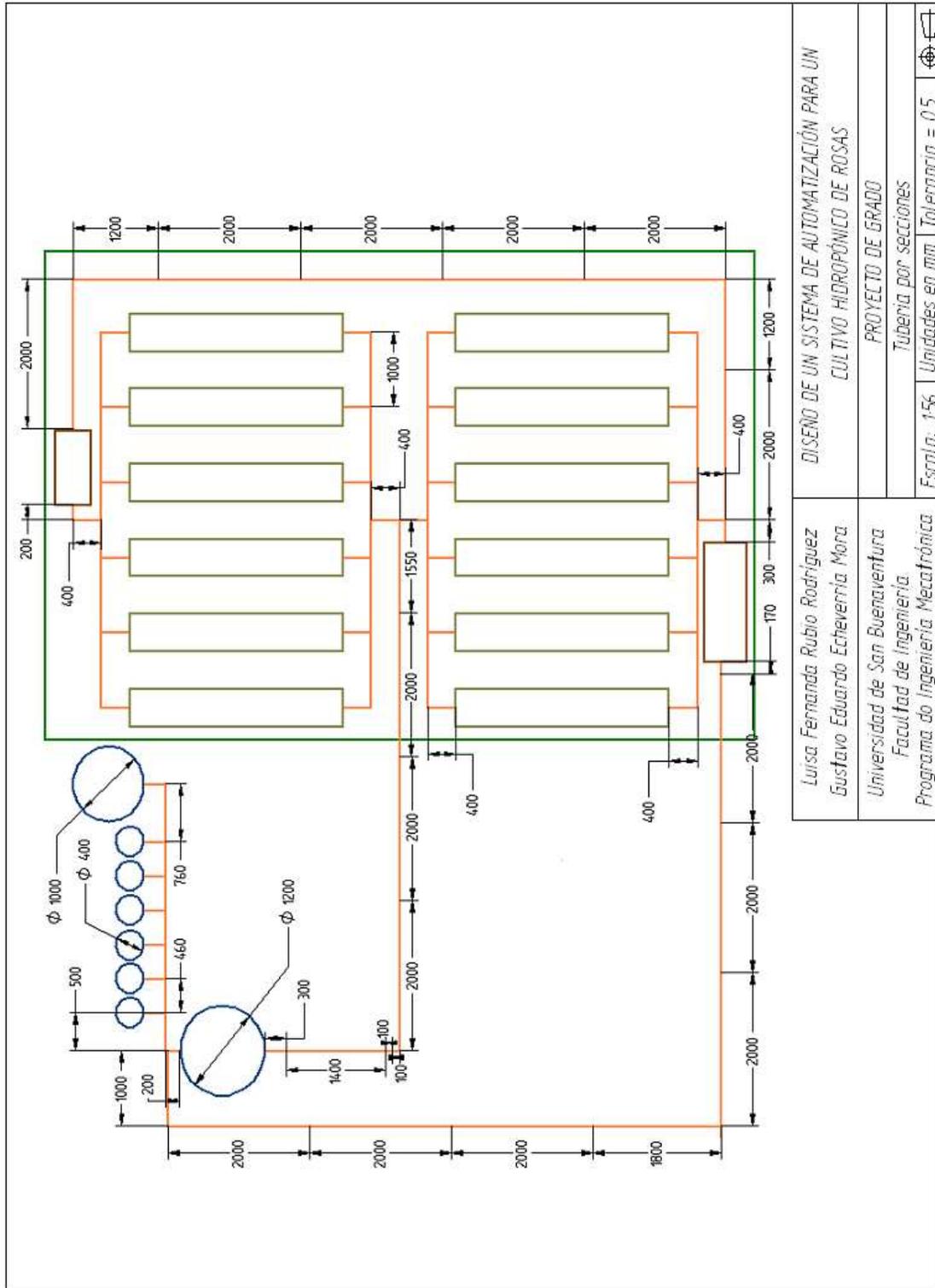
Figura H.5: Sistema hidráulico.



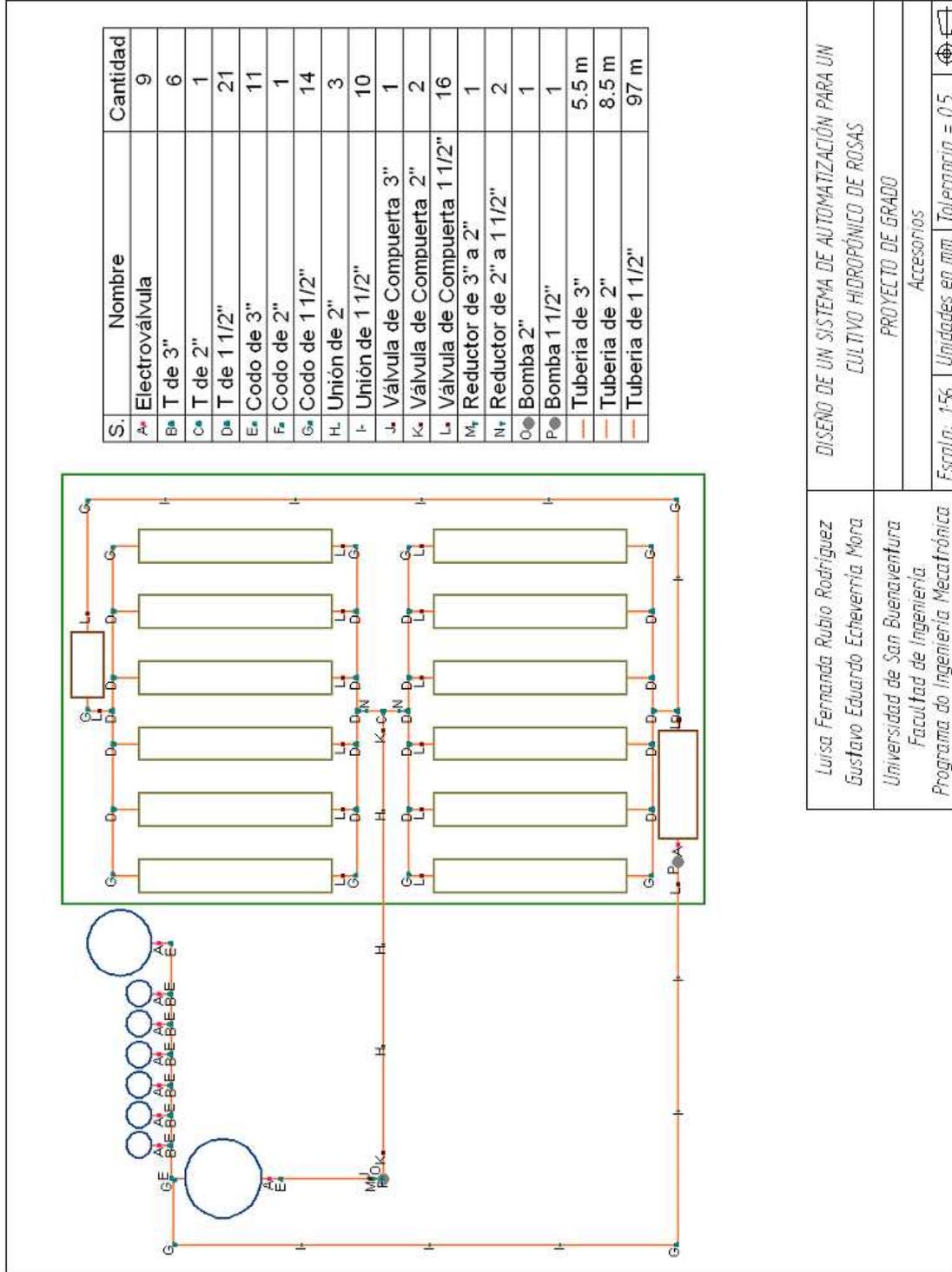
Apéndice I

PLANOS

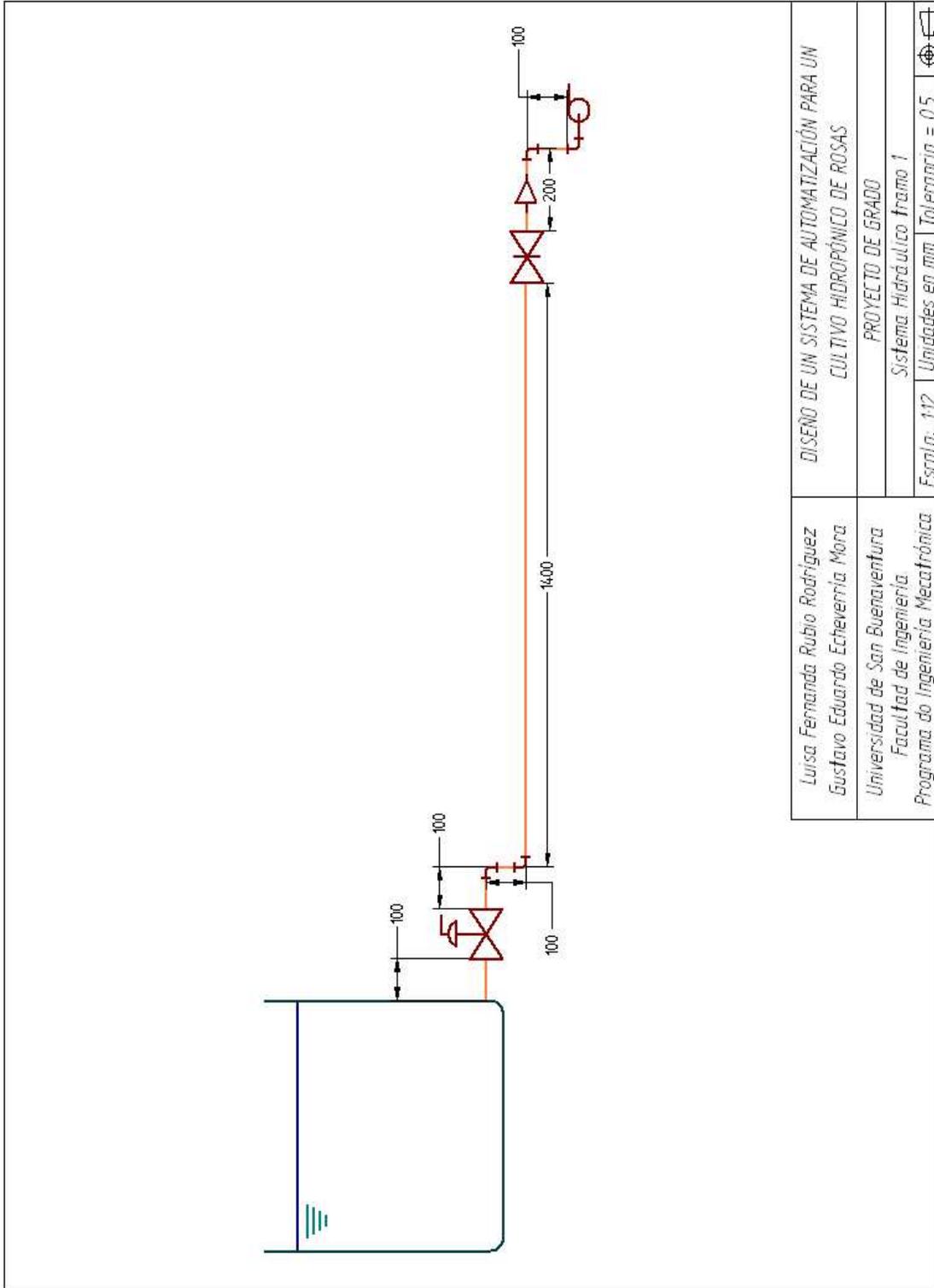




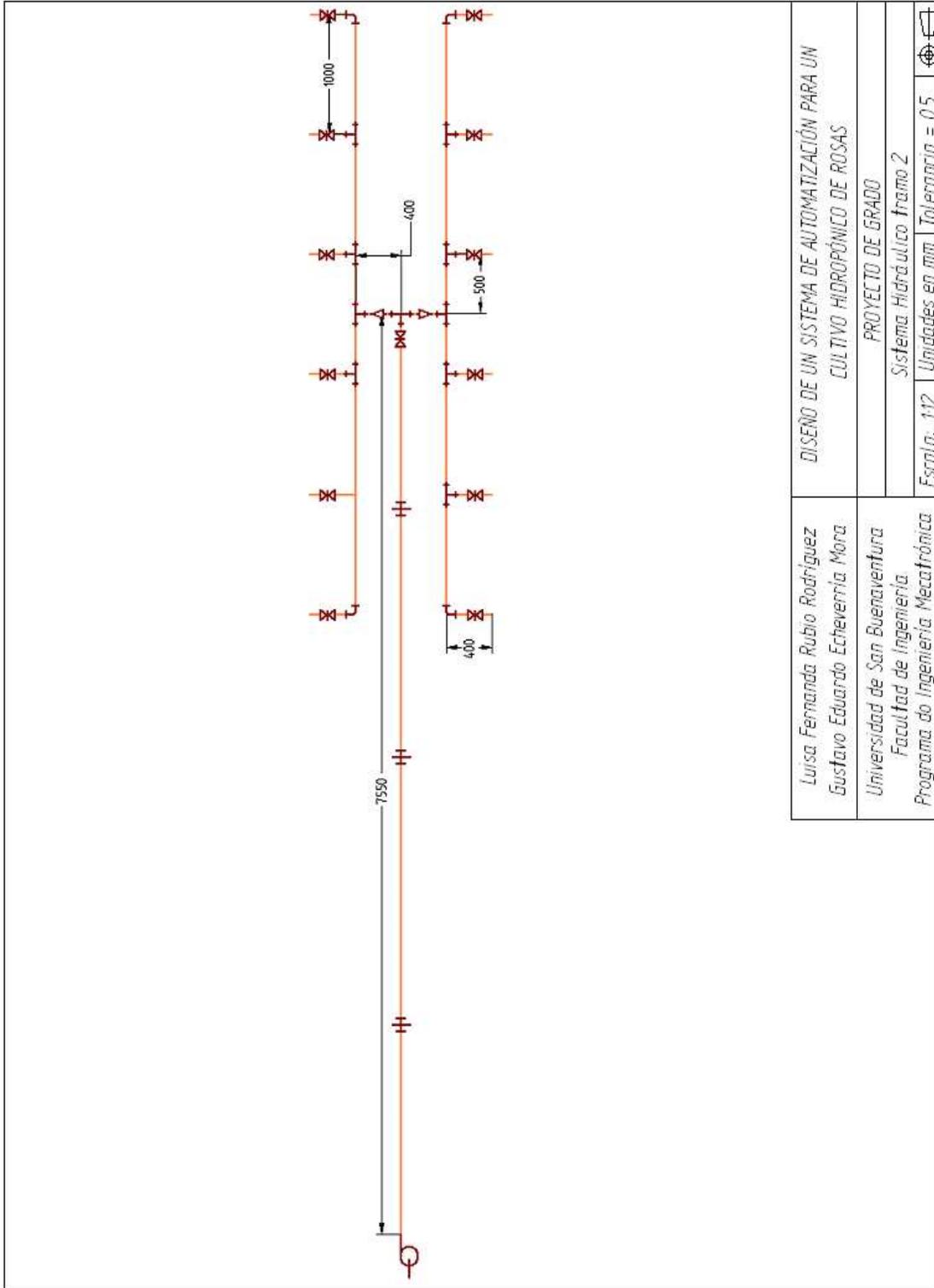
<p>Luisa Fernanda Rubio Rodriguez Gustavo Eduardo Echeverria Mora</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS</p>
<p>Universidad de San Buenaventura Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Mecatrónica</p>	<p>PROYECTO DE GRADO Tubería por secciones Escala: 1:56 Unidades en mm Tolerancia = 0,5</p>



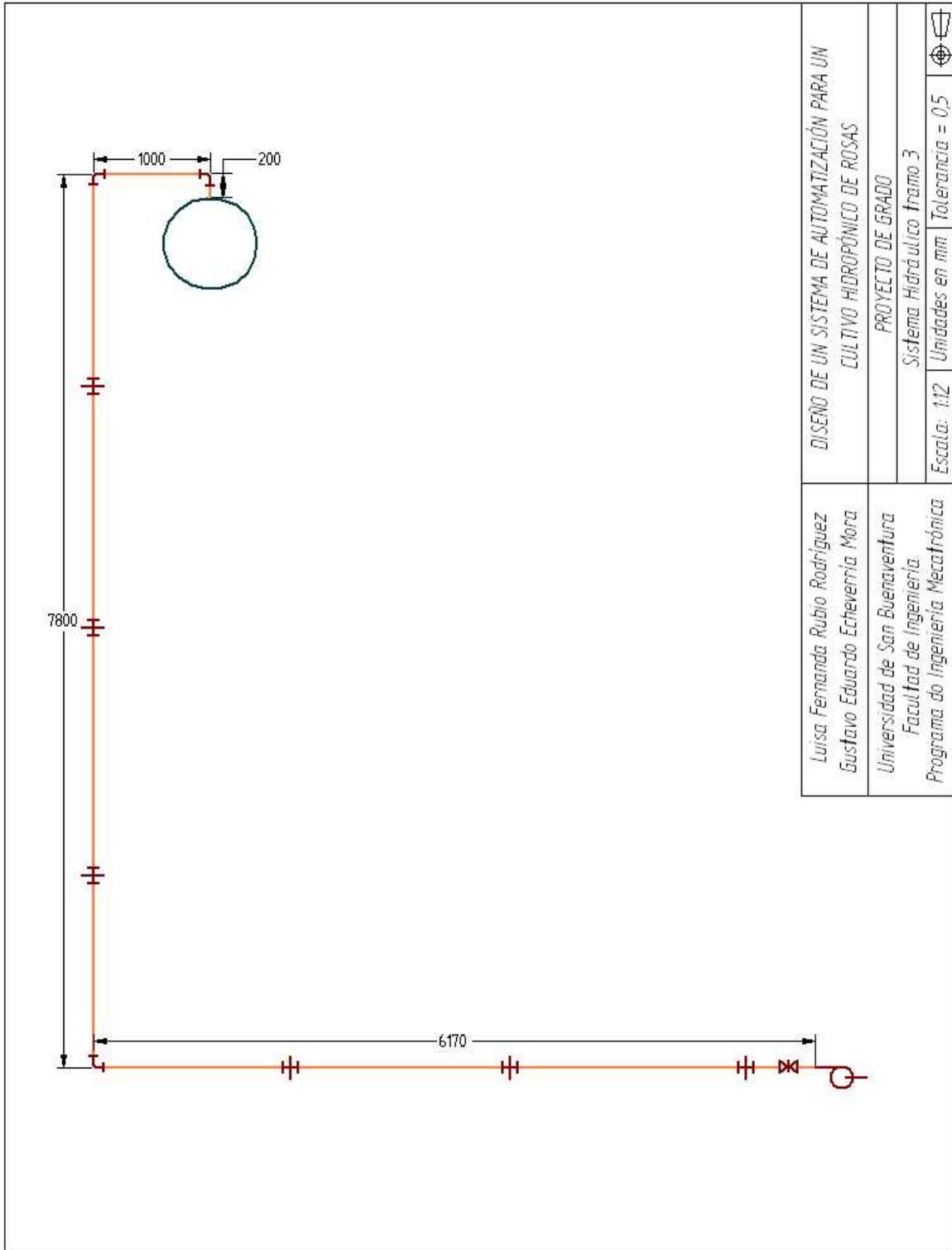
Luisa Fernanda Rubio Rodríguez
 Gustavo Eduardo Echeverría Mora
 Universidad de San Buenaventura
 Facultad de Ingeniería
 Programa de Ingeniería Mecatrónica



Luisa, Fernanda, Rubio, Rodriguez Gustavo, Eduardo, Echeverria, Mora	DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS
Universidad de San Buenaventura Facultad de Ingeniería	PROYECTO DE GRADO Sistema Hidráulico tramo 1
Programa de Ingeniería Mecatrónica	Escala: 1:12 Unidades en mm Tolerancia = 0,5

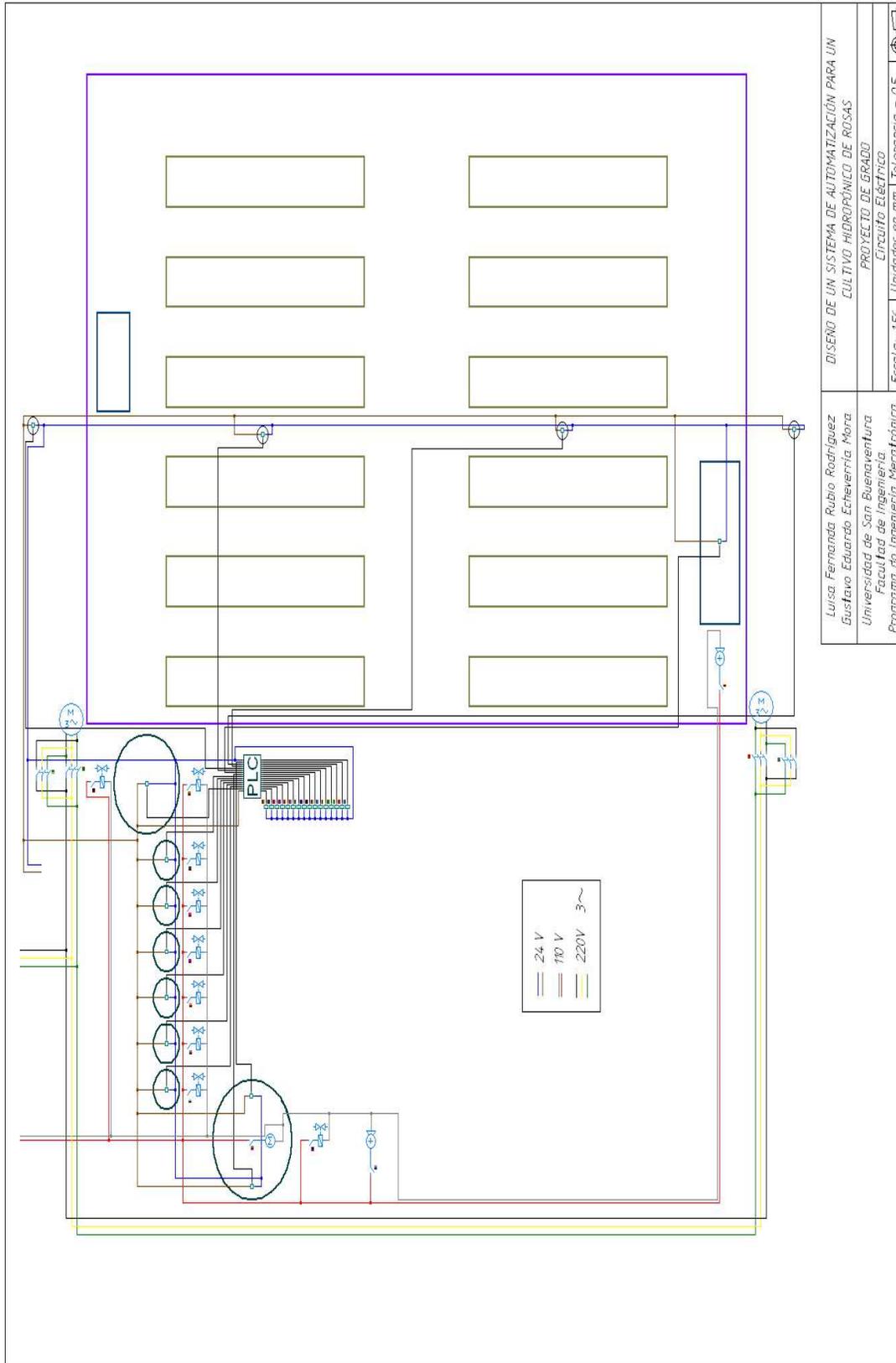


<p>Luisa, Fernanda, Rubio, Rodriguez Gustavo, Eduardo, Echeverria, Mora.</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS.</p>
<p>Universidad de San Buenaventura Facultad de Ingeniería.</p>	<p>PROYECTO DE GRADO Sistema Hidráulico tramo 2</p>
<p>Programa de Ingeniería Mecatrónica</p>	<p>Escala: 1:2 Unidades en mm Tolerancia = 0,5</p>



Luisa, Fernanda Rubia Rodriguez Gustavo Eduardo Echeverria Mora	DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS
Universidad de San Buenaventura Facultad de Ingeniería	PROYECTO DE GRADO Sistema Hidráulico tramo 3
Programa de Ingeniería Mecatrónica	Escala: 1:12 Unidades en mm Tolerancia = 0,5

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS



DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE ROSAS
PROYECTO DE GRADO
Circuito Eléctrico
Escala: 1:56 Unidades en mm Tolerancia = 0,5

Luisa Fernanda Rubio Rodríguez
 Gustavo Eduardo Echeverría Mora
 Universidad de San Buenaventura
 Facultad de Ingeniería
 Programa de Ingeniería Mecatrónica

Bibliografía

- [1] http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/que_es_hidropon.htm.
- [2] <http://www.geocities.com/pbarrosvanc/tema12.html> .
- [3] <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/BOLETIN-22-2004/default1.htm>.
- [4] http://html.rincondelvago.com/cultivos-hidroponicos_2.html.
- [5] http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.asp.
- [6] http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.asp.
- [7] <http://www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro16.htm>.
- [8] <http://www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro8.htm>.
- [9] <http://www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro9.htm>.
- [10] <http://www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro7.htm>.
- [11] <http://www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia/hidro10.htm>.
- [12] <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica12.htm>.
- [13] http://www.f-haroldo-pinelli.com.ar/Paginas_varias/PLC.htm
- [14] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina379.
- [15] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina 919.
- [16] tabla *E* – 20 Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina 1215.
- [17] tabla 16 – 8Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina 929.
- [18] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigleytabla 14 – 6-pagina 923

[19] Figura 14 – 15 Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley-pagina 935.

[20] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley tabla 14 – 6-pagina 938.

<http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/>

<http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/7635/Hidroponia/>

<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/BOLETIN-22-2004/default1.htm>

<http://elchaco.galeon.com/enlaces982116.html>

<http://www.geocities.com/pbarrosvanc/tema12.html>

http://agrarias.tripod.com/metodos_cultivo.htm

<http://elchaco.galeon.com/enlaces982116.html>

http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/15.htm

<http://www.ridoweb.com/home.php?lang=es>

<http://www.igihm.com/>

<http://www.elriego.com/>

<http://www.savinobarbera.com/>

Manual técnico de hidroponía popular - cultivos sin tierra

Manual de Hidroponía

Festo

Manual del Ingeniero Mecánico / Marks

Diseño en Ingeniería Mecánica / Joseph E. Shigley

Fundamento de Mecánica de Fluidos / Brucer Munson

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/2912/>