



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y

APLICADAS

TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

TEMA:

“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”

AUTORES:

Pruna Campaña Cristian Marcelo

Reinoso Campaña José Luis

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS:

Lic. Ms. C. Mirian Susana Pallasco Venegas

LATACUNGA – ECUADOR

2016



AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”**, es de exclusiva responsabilidad de los autores.

El trabajo de grado que presentamos, es original y basada en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cristian Marcelo Pruna Campaña
C.I. 050361940-5

José Luis Reinoso Campaña
C.I. 180277622-7



AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ing. Cristian Gallardo en calidad de Director de Tesis y cumpliendo con expuesto en el capítulo IV, Art. 9, literal f: del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INFORMO QUE: el grupo de postulantes conformado por los Sres. Cristian Marcelo Pruna Campaña y José Luis Reinoso Campaña, egresados de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; han desarrollado su trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica con el tema:

“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”.

En virtud de lo antes expuesto considero que los egresados se encuentran habilitados para presentarse al acto de la defensa de tesis.

Ing. CRISTIAN FABIAN GALLARDO MOLINA

Director de Tesis



AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

Yo, Lic. Susana Pallasco en calidad de Asesor Metodológico de Tesis y cumpliendo con expuesto en el capítulo **IV**, **Art. 9**, literal f: del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INFORMO QUE: el grupo de postulantes conformado por los Sres. Cristian Marcelo Pruna Campaña y José Luis Reinoso Campaña, egresados de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; han desarrollado su trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica con el tema:

“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”.

En virtud de lo antes expuesto considero que los egresados se encuentran habilitados para presentarse al acto de la defensa de tesis.

Lic. Ms. C. Mirian Susana Pallasco Venegas
Asesor Metodológico de Tesis

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Ing. Cristian Gallardo

Director de tesis

Presente:

Yo Martha Cecilia Molina Marín con número de cédula 0502847692, en mi calidad de propietaria de la Finca San Nicolás, luego de expresar un cordial y atento saludo me es grato manifestar lo siguiente. La carrera de Electromecánica a desarrollado en mis previos el tema de tesis **“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLÁS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”** El mismo que cumple con los objetivos planteados estudiantes Luis Reinoso y Cristian Pruna, pertenecientes a la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Electromecánica.

Es todo cuando puedo afirmar en honor a la verdad facultando a los interesados hacer uso del presente en la forma que estimen conveniente a sus intereses, siempre y cuando se use en forma legal.

Sra. Martha Molina Marín

AGRADECIMIENTO

Al culminar este trabajo emprendido y reconociendo el bien recibido deseo agradecer a Dios amigo fiel, por permitirme vivir, guiarme y darme las fuerzas necesarias para sobresalir a lo largo de estos años de mi vida.

A mis padres, que me apoyaron incondicionalmente para la culminación de este proyecto; ustedes han sido los pilares fundamentales en mi superación personal.

A todos los docentes de tan prestigiosa universidad, por su valioso aporte y paciencia en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Y, a todos los buenos amigos, que conocí a lo largo de esta vida universitaria y que intervinieron de manera directa e indirecta para la finalización del presente trabajo.

Agradezco al Ing. Cristian Gallardo por ayudarnos con sus conocimientos, consejos e impulsar el desarrollo de este proyecto desde sus inicios.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme fuerza y vida, por estar en esos momentos difíciles, cuando más lo necesitaba para culminar un trabajo tan duro y arduo como es desarrollar una tesis.

Al alma mater de la provincia, La Universidad Técnica de Cotopaxi, en la cual me he formado académica, moral y socialmente para alcanzar mis metas planteadas, sus profesores que día a día inculcan con paciencia sus conocimientos y experiencias buscando formar profesionales que se destaquen en la vida diaria.

De igual manera como no agradecer al Ing. Cristian Gallardo, tutor de la presente tesis por brindarme todos sus conocimientos, consejos y experiencias para el desarrollo de este proyecto.

A todos mis amigos, compañeros con los que pasamos alegrías y tristezas durante todos los años que compartimos muchas anécdotas en las diferentes aulas de la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, que fueron nuestro segundo hogar.

Por último, a mi compañero de tesis porque en base a la armonía grupal lo hemos logrado.

José

DEDICATORIA

El conocimiento no tiene límites, la constancia, sacrificio y perseverancia que antepuso para la realización de una de mis metas trazadas, obtener el título de Ingeniero Electromecánico, finalmente se ha hecho realidad, se lo debo a quienes de una u otra manera estuvieron a mi lado en este largo trajinar y se lo dedico muy especialmente a:

Dios quien me guío y cuidó toda mi vida, a las personas que me dieron la vida mis Padres: Fausto y Cecilia fue inagotable la lucha, perseverancia, honradez y amor, ejemplo infinito de vida y humildad, que dando lo mejor de sí, sin importar las circunstancias, me brindaron su apoyo, confianza, consejos y orientación, que día a día ayudaron a fortalecer mi fe y esperanza, para el logro de mi meta. A ustedes les debo lo que soy que Dios los bendiga...

Cristian

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis en primer lugar a Dios, que ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

La concepción de esta tesis está dedicada también a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

También dedico este proyecto a mi esposa, mujer y compañera inseparable de cada jornada. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio y fue mi apoyo para seguir adelante sin declinar en mis estudios.

A mis hijos que son el incentivo que día a día me dan fuerzas para seguir luchando y alcanzando los proyectos que se presentan en nuestra vida.

José

ÍNDICE DE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.....	1
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.....	1
TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO	1
AUTORES:	1
<i>Pruna Campaña Cristian Marcelo</i>	<i>1</i>
<i>Reinoso Campaña José Luis</i>	<i>1</i>
DIRECTOR DE TESIS:	1
ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS:	1
<i>Lic. Ms. C. Mirian Susana Pallasco Venegas</i>	<i>1</i>
AUTORÍA.....	ii
AVAL DE DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS.....	iv
iv	
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE GENERAL.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	2
1.2.1. Variable Independiente.....	2
1.2.2. Variable Dependiente.....	4

1.3.	RECURSO RENOVABLE	6
1.3.1.	<i>Definición</i>	6
1.4.	CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO RENOVABLE	7
1.4.1.	<i>El agua tiene diferentes características las cuales son: GUERRA, Miguel (2009), manifiesta que el agua tiene las siguientes características:</i>	7
1.5.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	8
1.6.	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	8
1.6.1.	<i>Definición</i>	8
1.6.2.	<i>Ventajas e inconvenientes de los sistemas de riego por aspersión</i>	9
1.7.	SITUACIÓN ACTUAL DE RIEGO EN LA PROVINCIA	10
1.7.1.	<i>Balance Hídrico en la Provincia de Cotopaxi</i>	11
1.8.	RIEGO	13
1.8.1.	<i>Adjudicaciones Otorgadas de Agua para Riego</i>	13
1.9.	MANEJO DE POTREROS	14
1.9.1.	<i>Lámina almacenable del suelo</i>	15
1.9.2.	<i>Umbral de riego</i>	16
1.10.	SUPERFICIE BAJO RIEGO	16
1.10.1.	<i>Riego en el Cantón Latacunga</i>	16
1.10.2.	<i>Lámina neta (dn)</i>	17
1.11.	COBERTURA DE RIEGO	18
1.11.1.	<i>Superficie Potencial de Riego</i>	18
1.11.2.	<i>Frecuencia de riego máxima (Fr max)</i>	18
1.11.3.	<i>Frecuencia de riego</i>	19
1.11.4.	<i>Lámina neta de riego</i>	19
1.11.5.	<i>Lámina bruta de pasto</i>	19
1.12.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO	20
1.12.1.	<i>Fuente de abastecimiento del agua para riego</i>	20
1.12.2.	<i>Desarenador</i>	20
1.12.3.	<i>Sistema de gravedad para riego</i>	21
1.12.4.	<i>Filtros Hidráulicos</i>	21
1.12.5.	<i>Filtros</i>	21
1.12.6.	<i>Electroválvulas</i>	21
1.12.7.	<i>Tubería</i>	21
1.12.8.	<i>Tubería rígida</i>	22
1.12.9.	<i>Tubería flexible</i>	22

1.12.10. <i>Aspersores</i>	22
1.12.10.1. <i>Separación de aspersores y laterales</i>	23
1.12.10.2. <i>Intensidad de aplicación</i>	24
1.12.10.3. <i>Tiempo de riego</i>	24
1.12.11. <i>PLC.</i>	24
1.12.11.1. <i>Aplicación de los PLC</i>	25
1.12.11.2. <i>HMI</i>	25
1.12.11.3. <i>Funciones de un HMI</i>	25
1.12.12. <i>Sensor de Humedad</i>	27
1.12.13. <i>Sensor de temperatura</i>	27
1.12.14. <i>ELECTROVÁLVULA NETAFIN</i>	28
1.12.15. <i>Accesorios (fittings)</i>	29
1.13. MARCO LEGAL	30
CAPITULO II	32
2. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	32
2.1. <i>Estudio geográfico del lugar a instalar el sistema de riego</i>	32
2.2. DISEÑO METODOLÓGICO	33
2.2.2.1. <i>Método Analítico</i>	33
2.2.3.1. <i>La Observación</i>	33
2.2.4. <i>Estudio del recurso hídrico en el sector</i>	34
2.3. POBLACIÓN	35
2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
2.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	36
2.5.1. <i>Enunciado</i>	36
2.5.2. <i>Hipótesis nula</i>	37
2.6. REGLA DE DECISIÓN	37
CAPÍTULO III	38
3. PROPUESTA	38
3.1. TEMA	38
3.2. PRESENTACIÓN	38
3.3. JUSTIFICACIÓN	39
3.4. OBJETIVOS	40
3.4.1. <i>Objetivo General</i>	40
3.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	40
3.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	40

3.5.1.	<i>Factibilidad Técnica</i>	40
3.5.2.	<i>Factibilidad Económica</i>	41
3.5.3.	<i>Factibilidad Operacional</i>	41
3.6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	41
3.6.1.	<i>Estudio Hídrico</i>	42
3.6.1.1.	<i>Diseño del sistema de riego</i>	42
3.7.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO	42
3.7.1.	<i>Pasos a seguir para medir potreros:</i>	42
3.7.2.	<i>Diseño agronómico</i>	43
3.7.3.	<i>Lamina almacenable del suelo (dt)</i>	44
3.7.4.	<i>Umbral de riego (UR)</i>	45
3.7.5.	<i>Lamina neta (dn)</i>	45
3.7.6.	<i>Frecuencia de riesgo máxima (Fr max)</i>	46
3.7.7.	<i>Frecuencia de riego (Fr)</i>	46
3.7.8.	<i>Lamina neta de riego</i>	47
3.7.9.	<i>Lamina bruta de pasto</i>	47
3.8.	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE PASTO	48
3.8.1.	TRAZADO Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	48
3.8.2.	<i>Selección del aspensor</i>	48
3.8.3.	<i>Separación entre aspersores y laterales</i>	49
3.8.4.	<i>Intensidad de aplicación</i>	50
3.8.5.	<i>Tiempo de Riesgo</i>	50
3.9.	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	51
3.10.	DISEÑO HIDRÁULICO	51
3.11.	<i>Pérdidas en el sistema por fricción en la manguera y accesorios</i>	52
3.11.1.	<i>Cálculo de pérdidas en el sistema (hL)</i>	53
3.11.1.1.	<i>Accesorios Tubería de succión PVC</i>	54
3.11.1.2.	<i>En tubería de descarga PVC</i>	54
3.11.2.	<i>Cálculo de pérdidas en la tubería (h_{L2})</i>	57
3.11.2.1.	<i>Tubería PVC</i>	57
3.12.	<i>Diseño de la tubería secundaria</i>	59
3.12.1.	<i>Perdidas de carga por fricción en la tubería secundaria</i>	60
3.12.2.	<i>Presión de entrada al secundario</i>	61
3.13.	RESUMEN DE EQUIPOS UTILIZADOS	62
	CONCLUSIONES	63

RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
<i>Citada</i>	65
<i>Consultada.....</i>	<i>67</i>
<i>Linkografía.....</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico sistema de aspersión; http://www.losandes.com.ar/jpg (2015).....</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico tubería para riego; http://sitio.plastigama.com/producto/agricola (2014)</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico partes de un aspersor; http://sitio.plastigama.com/riego-por-aspersion (2015).....</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico partes de un aspersor; http://sitio.plastigama.com/riego-por-aspersion (2016).....</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico funciones de un HMI; http://www.ditel.es/hojas/es/ARGOS_ES_PDF (2016)</i>	<i>68</i>
– <i>Gráfico function plc ;http://es.scribd.com/curso-PLC-TOSHIBA (2016) ..</i>	<i>68</i>
– <i>SISTEMAS DE RIEGO; http://www.civiagro.com/ (2016).....</i>	<i>68</i>
– <i>HIDROLOGÍA, I; http://www.serviciometeorologico.gob.ec/.....</i>	<i>68</i>
– <i>Sistemas de riego; Http://Support@Iteadstudio.Com</i>	<i>68</i>
– <i>Catálogo sistemas de riego; http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/</i>	<i>68</i>
GLOSARIO DE TÉRMINOS	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: VARIABLE INDEPENDIENTE	4
Figura 1.2: VARIABLE DEPENDIENTE	6
Figura 1.3: SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.....	9
Figura 1.4: ADJUDICACION DE AGUA	13
Figura 1.5: CUENCAS Y SUBCUENCAS DE COTOPAXI	14
Figura 1.6: SUPERFICIES POTENCIALES	18
Figura 1.7: TUBERIA PARA RIEGO.....	22
Figura 1.8: PARTES DE UN ASPERSOR.....	23
Figura 1.9: PLC	26
Figura 1.10: SISTEMA HMI.....	26
Figura 1.11: SENSOR DE HUMEDAD.....	27
Figura 1.12: TERMOCUPLA TIPO PT 100	28
Figura 1.13: ELECTROVALVULA NEFATIN	29
Figura 1.14: ACCESORIOS	30
Figura 2.1: CAUDALIMETRO.....	35
Figura 3.1: DISEÑO HIDRAULICO	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: OPERALIZACION DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	3
Tabla 1.2: OPERALIZACION DE LA VARIABLE DEPENDIENTE	5
Tabla 1.3: CAUDALES MEDIOS Y ANUALES	11
Tabla 1.4: CAUDALES ANUALES	12
Tabla 1.5: CARACTERISTICAS DEL SUELO	16
Tabla 1.6: REGADIO POR HECTARIA	17
Tabla 2.1: DATOS DE AGUA	34
Tabla 2.2: POBLACIÓN INVOLUCRADA	35
Tabla 2.3: PRODUCCION PASTO Y CONSUMO SON EN BRUTO	36
Tabla 3.1: COMPARACIÓN DE PRODUCCIÓN DE PASTO	43
Tabla 3.2: CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS	44
Tabla 3.3: DIMENSIONES DE LA RAIZ Y EL CONSUMO DE AGUA.....	45
Tabla 3.4: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL PASTO DE LA FINCA	46
Tabla 3.5: RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONÓMICO	47
Tabla 3.6: CARACTERÍSTICAS DEL ASPERSOR Y TUBERÍA.....	48
Tabla 3.7: ESPACIAMIENTO DE LATERALES	49
Tabla 3.8: CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.	51
Tabla 3.9: DATOS DE LATACUNGA.....	53
Tabla 3.10: DISEÑO DEL LATERAL MAS CRITICO DEL SECTOR	59
Tabla 3.11: DISEÑO DE LA TUBERIA SECUNDARIA	61
Tabla 3.12: DETALLE DE EQUIPOS	62



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”

AUTORES: Pruna Campaña Cristian Marcelo
Reinoso Campaña José Luis

RESUMEN

Este trabajo tiene la finalidad de ofrecer un método de fácil aplicación y mayor aprovechamiento del recurso hídrico en las labores de riego para mayor producción de pasto. Este proyecto promueve el adecuado manejo del agua en base a procesos automáticos que censan los niveles de humedad del suelo, mediante un desarrollo de riego por aspersión tecnificado en base al control y automatización de electroválvulas para el sistema.

Este trabajo consta de la selección de equipos y la implementación de un sistema de riego por aspersión, el cual otorga una adecuada lámina de agua para mantener una correcta producción de pasto. El automatismo mencionado trabaja mediante la agrupación de elementos hidráulicos, eléctricos y de control que facilitan el riego al pasto.

La parte hidráulica, es el transporte de agua desde la toma principal hasta el tanque reservorio y seguidamente hacia los aspersores, esta parte consta de: tubería principal y tuberías secundarias que trabajan de acuerdo a las presiones del agua en el sector.

La parte eléctrica y de control, le otorga al sistema la información censada y valida la cantidad de agua que se dispone para admitir la activación de los tiempos de riego que requiera el usuario, y de igual manera el trabajo manual en caso de ser necesario. Para la manipulación de los tiempos se cuenta con sensores de humedad en el suelo los cuales envían una señal que es receptada por la unidad de control y estos se encargan de activar o desactivar al sistema.

Como parte final se realiza la distribución de los aspersores como sistema móvil para cada una de las salidas programadas al sistema y su distribución en cada una de las áreas destinadas al riego tecnificado; facilitando, aprovechando y optimizando el recurso hídrico. **DESCRIPTORES:** Sistema de Riego por Gravedad, Aspersión, Sistema eléctrico y de control, tubería principal y secundaria.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ACADEMIC UNIT OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED
CAREER OF ENGINEERING IN ELECTROMECHANICAL

TOPIC: "ANALYSIS OF CURRENT IRRIGATION SYSTEM AND PRODUCTIVITY, FOR THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM, CONTROLLING THE TEMPERATURE AND HUMIDITY PARAMETERS BY HMI SYSTEM IN THE FARM "SAN NICOLAS" ILLUCHI SECTOR, LOCATED IN THE JUAN PABLO SEGUNDO NEIGHBORHOOD, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE 2015-2016 PERIOD."

AUTHORS: Pruna Campaña Cristian Marcelo
Reinoso Campaña José Luis

ABSTRACT

This work is intended to provide a method of easy application and better use of water resources in irrigation work for increased production of grass. This project promotes proper water management based on automatic processes that censused levels of soil moisture through a sprinkler irrigation development, based technology in the automation and control valves for the system. This work consists of equipment selection and implementation of a sprinkler system, which provides a suitable sheet of water to maintain adequate pasture production. The automatic mentioned works by grouping hydraulic, electrical and control systems that provide irrigation to pasture elements. The hydraulic part is the transport of water from the mains to the reservoir tank and then to the sprinklers, this part consists of: main and secondary pipelines working according to water pressures in the sector. The electrical and control part gives the system the given information and validates the amount of water available to support the activation of the watering times required by the user, and likewise the manual work if necessary. For handling times it has sensors moisture in the soil which send a signal that is received by the control unit and they are responsible to enable or disable the system. As a final part of the distribution of sprinklers as mobile system for each of the scheduled departures and distribution system in each of the areas used for irrigation technology it is made; facilitating, using and optimizing water resources.

DESCRIPTORS: Gravity Irrigation System, Sprinkling, electrical and control system, main and secondary pipelines.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de la Carrera de Ciencias de la Educación, Mención Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Certifico, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis elaborada por los alumnos: Pruna Campaña Cristian Marcelo y Reinoso Campaña José Luis con el tema: **“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”** el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Lic. MSc. Alison Mena Barthelotty
C.I.050180125-2

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la sociedad ha tenido un gran desarrollo gracias al aporte y aprovechamiento del agua como forma indispensable de transporte, obtención de alimentos, generación de energía eléctrica, líquido vital para consumo de la vida humana, animal y vegetal. En la actualidad existen diversas maneras de aprovechar el agua para beneficio y riego a todo tipo de vegetación

Por ello el presente proyecto tuvo como objetivo el analizar el recurso hídrico mediante instrumentación y obtención de datos reales para la implementación de un sistema de riego a gravedad tecnificado por aspersión en la Finca “SAN NICOLAS” perteneciente al Cantón Latacunga en la Provincia de Cotopaxi.

Además, analizar el funcionamiento y conexiones eléctricas del sistema fue un gran aporte para los usuarios, debido que la información obtenida y la validación de sus datos permitió el aprovechamiento del recurso hídrico y el precedente de datos reales, esto permitió ampliar los conocimientos sobre los sistemas automáticos y de control, así como también los elementos que lo componen y la función que desempeñan en el proceso de riego.

El tema estudiado está conformado por tres capítulos que sustentan estos conocimientos:

CAPÍTULO I, contiene la fundamentación teórica, los conceptos básicos de un sistema de riego tecnificado como es el PLC, los sensores de humedad y temperatura, válvulas manuales, electroválvulas, cableado, accesorios PVC, fuentes de energía, además detalla los subelementos que lo conforman para su correcto diseño y selección de los mismos; así como el marco legal el cual consta en la Constitución de la República del Ecuador.

CAPÍTULO II, describe los métodos y técnicas utilizadas para el análisis e interpretación de resultados a través de datos propios, lo que permite establecer la factibilidad del sistema de riego tecnificado por aspersión gracias a la verificación de la hipótesis.

CAPÍTULO III, detalla los equipos utilizados, las tablas de datos de los mismos, características del suelo, del tiempo que tarde en crecer el pasto en relación al consumo de agua y los tiempos de riego, velocidad del viento previo al análisis y cálculos del sistema, así como las pérdidas de presión en el mismo, para la implementación del sistema de riego tecnificado por aspersión, así también como la selección de dispositivos y elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Además, se presentan los planos de las conexiones eléctricas de los sistemas, las conexiones en PVC para la adquisición y distribución del agua, aspersores, anexos de implementación en los cuales se muestra el proceso en que se realizó el montaje de los equipos y las fichas de los mismos para su respectivo mantenimiento y operación.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se estudió conceptos básicos sobre el aprovechamiento del recurso hídrico, para la implementación de un sistema de riego automático, se analizó el funcionamiento de cada uno de los equipos intervinientes en este sistema, y así se obtuvo la fundamentación teórica elemental necesaria para el análisis de ese recurso, el cual sirvió de ayuda en lo posterior para su respectiva instalación.

1.1. Antecedentes Investigativos

GUAMÁN, Diego (2014), manifiesta que: **“Cuando el sistema se encuentra en funcionamiento permite aplicar una lámina de agua adecuada para el cultivo de mora, dependiendo del tiempo seleccionado, el agricultor sabrá el intervalo de tiempo de la siguiente aplicación del riego.”** (p. 121)

Los sistemas de riego son variados, los cuales como punto común tienen el aprovechamiento de los recursos hídricos de las diversas áreas donde estos se encuentre situados, lo cual es un gran beneficio para el ser humano debido a que el tiempo de riego se controla por sensores de humedad y temperatura indistintamente del lugar a emplearse este tipo de sistemas es necesario realizar un estudio y determinar la factibilidad.

RAMOS, Marco, y otros (2013), manifiestan que: **“Se denomina sistema de riego tecnificado, al conjunto de elementos que permiten que la aplicación**

del agua y los fertilizantes al cultivo sea en forma eficiente, localizada, con una frecuencia adecuada, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno.” (p 6)

Los sistemas de riegos son sumamente diferentes debido a que en cada sistema van diversos tipos de elementos y equipos, así como el agua como recurso natural y sus diferentes fertilizantes que son incorporados a diferentes lapsos de tiempo para su respectiva adecuación y acción sobre el agua y la tierra.

GUERRA, Miguel (2009), manifiesta que: **“El agua que está destinada al riego es llevada a la zona de cultivo mediante tuberías. En este punto y mediante aspersores que están con una presión específica determinada en el diseño, el agua se eleva y cae en forma de varias gotas sobre la superficie del cultivo”.** (p. 7)

Con la finalidad de conseguir que el riego por aspersión sea bueno y eficiente, es necesario que algunos puntos sean bien estudiados y aplicados: La presión de agua; un estudio técnico sobre la red de tuberías adecuadas para la presión de agua; aspersores adecuados para satisfacer la capacidad de agua para esparcir o regar y el depósito de agua que está conectado a las tuberías.

1.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.2.1. Variable Independiente

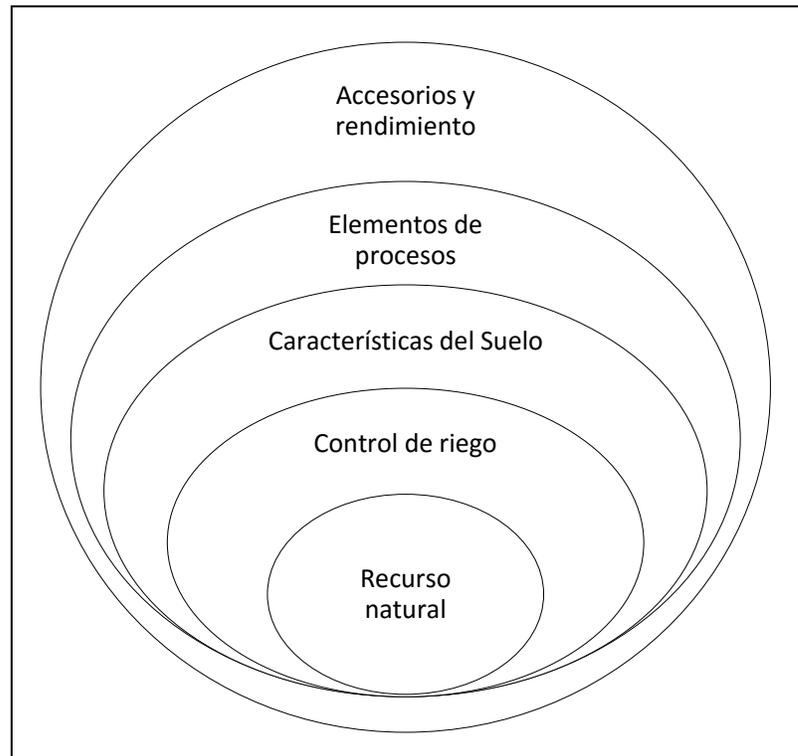
Mediante el análisis y validación de esta variable, “La instalación de un sistema de riego por aspersión automatizado permitirá mejorar la producción agrícola y minimizar el recurso hídrico en la finca “SAN NICOLAS”, se estudió el recurso hídrico del sector, la validación matemática de los datos obtenidos en función de la presión del agua y condiciones de la tierra a través de instrumentos idóneos y teorías los cuales proporcionaron mediciones reales en diferentes lapsos de tiempo.

**TABLA 1.1. OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE
INDEPENDIENTE**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El riego es una práctica cultural que requiere optimizar en lo posible la utilización del agua que es aplicada a las necesidades de cultivo. Para ello es necesario minimizar las pérdidas. La uniformidad de riego indica el grado de igualdad de dosis recibida por los diferentes puntos del terreno para satisfacer las necesidades de cultivo.</p>	<p>- Comprobación de Teorías</p>	<p>-El control de riego la uniformidad de aplicación del agua es independiente de las características del suelo.</p> <p>-Se aprovecha más la superficie de cultivo, ya que no hay que destinar parte del suelo a canales y acequias.</p>	<p>-¿Cuáles son los cálculos que nos ayudarán a determinar el costo beneficio entre el rendimiento de los cultivos y los gastos de instalación del sistema?</p>	<p>- Encuesta.</p> <p>- Cuestionario</p>
	<p>- Elementos de los procesos.</p>	<p>Características de la parte de automatización, tuberías, accesorios y boquillas.</p> <p>Rendimiento de los cultivos y los gastos de instalación del sistema.</p>	<p>-¿Conoce usted un sistema automatizado de aspersión?</p> <p>-¿Sabe usted sobre la función de los sensores de temperatura y humedad en un sistema automatizado por aspersión?</p>	<p>- Encuesta.</p> <p>- Cuestionario</p>

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

FIGURA 1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

1.2.2. Variable Dependiente

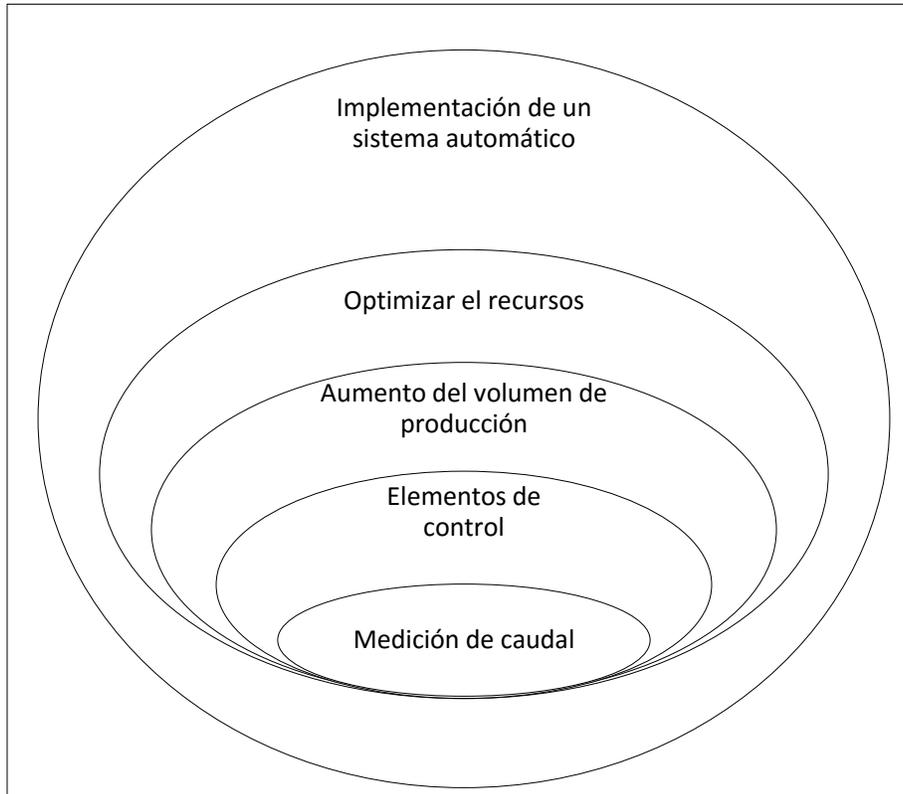
En la variable dependiente “Permitirá mejorar la calidad de vida en el sector Illuchi cantón Latacunga.”, después de validar los datos aprovechando el recurso hídrico, se analizaron los sistemas que se encargaron del aprovechamiento de dicho recurso para favorecer al suelo y su cultivo de forma que se mantenga siempre con la humedad y temperatura adecuada, que el resultado (cultivo) sea medido en estándares de alta calidad.

**TABLA 1.2. OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE
DEPENDIENTE**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global	Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de caudales ecológicos	- Medición de caudales una vez que se ha implementado el proyecto	¿Cuáles son los parámetros que se deben tomar en cuenta para la implementación de un sistema automatizado por aspersión?	- Check list.
	Mejorar la calidad de vida del sector por medio del incremento de volúmenes de producción agrícola mediante la optimización del recurso agua.	- Comparación de volúmenes de producción una vez implementado el proyecto		- Encuesta.
	Promover la intensidad tecnológica en la producción primaria.	- Hectáreas de implementación del sistema de riego por aspersión automatizado.		- Cuestionario
Mejorar la calidad de Vida de la población				
Impulsar la transformación de la Matriz Productiva				

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

FIGURA 1.2. VARIABLE DEPENDIENTE



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

1.3. RECURSO RENOVABLE

1.3.1. Definición

HERNANDEZ, Carlos y otros (2008, 1ra Ed.), manifiestan que: “El **recurso renovable** es un **tipo de recurso natural que puede renovarse a partir de procesos naturales y con una rapidez mucho más elevada a la medida que el ser humano los consume**, es decir, **se renuevan tan velozmente que no se agotan y entonces, los hombres pueden hacer uso de ellos siempre**”. (p. 4)

Los recursos naturales, son extendidamente valorados por los seres humanos como su nombre lo dice “son naturales” y a su vez son renovables, esto

manifiesta, que estan a disposición de las personas y pueden ser sometidas a su respectivo uso teniendo en cuenta que no por ser gratuitas las vamos a destruir y contaminar. Esto es algo que debemos cuidar y simplemente utilizar de forma medida y controla.

Entre los tipos de recursos renovables se destacan: el agua, el sol, el viento, la marea y la energía hidroeléctrica. De alguna manera podríamos calificarlos como eternos dado que es muy difícil que se agoten con el transcurrir del tiempo.

1.4. CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO RENOVABLE

1.4.1. *El agua tiene diferentes características las cuales son:* GUERRA, Miguel (2009), manifiesta que el agua tienes las siguientes características:

- Ciclo Hidrológico
- Temperatura
- Humedad
- Humedad relativa
- Heliofanía

A continuación, se describen las características antes enunciadas:

Ciclo hidrológico. Es un fenómeno del agua por medio del cual esta no permanece estancada en un lugar, sino que está en constante movimiento entre los océanos, la atmosfera y la litosfera-biosfera de forma permanente. Este es un proceso continuo cerrado, que está en constante movimiento y transferencia.

Temperatura. Es una medida de la energía de las partículas, o visto de otro modo, es la medida de la velocidad media con la que las partículas se mueven. Hay que resaltar que la temperatura no depende del tamaño de las partículas sino de la velocidad media de las mismas.

Humedad. A medida de la cantidad de vapor de agua que está contenida por el aire se le conoce por el nombre de humedad. Esta cantidad puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas a las que está sometido el aire. Es decir, el aire húmedo se compone de aire seco y de vapor de agua.

Humedad relativa. Se le conoce a la relación de vapor de agua que tiene el aire a ciertas condiciones con la cantidad máxima que puede haber bajo las mismas condiciones.

En otras palabras, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y presión y la que tendría si estuviera saturado a la misma temperatura y presión.

Heliofanía. Es una forma de medir la duración del brillo solar. Esta medida es útil porque da una idea de las horas de sol directo que reciben los cultivos agrícolas.

1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

RAMOS, Marco y otro (2013), manifiestan que existen diversos tipos de riego los cuales son:

- Riego Tecnificado con manguera rígida
- Riego Tecnificado por Cinta de Goteo
- Riego Tecnificado por Surcos
- Riego Tecnificado por Aspersión
-

1.6. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

1.6.1. Definición

GUAMÁN, Diego (2014), manifiesta que: El agua distribuida en forma de

aspersión es una forma de riego que aparenta la lluvia natural, llevada por una red de tuberías según las presiones que requiera el sistema; y distribuir las a los cultivos mediante aspersores como se ve en la figura 1.3

FIGURA 1.3: SISTEMA DE ASPERSIÓN



FUENTE: <http://www.losandes.com.ar/jpg>

Considerando la estructura de instalación de los sistemas de riego por aspersión, se clasifican como: estacionarios y de desplazamiento continuo.

1.6.2. Ventajas e inconvenientes de los sistemas de riego por aspersión

CAÑAR, Víctor (2012), manifiestan que las ventajas y desventajas de los sistemas de riego por aspersión son:

- Ahorro en mano de obra. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electroválvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas.
- Adaptación al terreno. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.

- La eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundaciones tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- Especialmente útil para distintas clases de suelos, permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

En contra de estas ventajas se enumera los inconvenientes siguientes:

- Daños a las hojas y a las flores. Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas.
- El viento afecta. En días de vientos acentuados el reparto del agua es afectado en su uniformidad.
- Aumento de enfermedades y propagación de hongos debido al mojado total de las plantas.

1.7. SITUACIÓN ACTUAL DE RIEGO EN LA PROVINCIA

Plan Provincial de Riego y Drenaje 2014-2027, GOBIERNO AUTÓNOMO DESENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, manifiesta que: **“La Provincia de Cotopaxi tiene una superficie apta para la producción agropecuaria de 246.795 hectáreas. Esta vocación del territorio ha determinado que las inversiones para la construcción, rehabilitación y terminación de infraestructuras de riego, sin embargo, hasta el año 2013, únicamente se ha logrado cubrir 64.721,76 hectáreas que corresponde al 26.22% de la superficie con infraestructura de riego”.**

Análisis y Plan Estratégico Territorial y de Aguas, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA, manifiesta que: **“A nivel cantonal existen 679 concesiones de riego cubriendo 35.493,31 hectáreas con un caudal de 18.227,70 lit/seg. El suelo**

con vocación agrícola es de 87.342,54 hectáreas de las cuales el 40.64% tiene riego”.

El suelo del cantón Latacunga es potencialmente agrícola, el sector occidental de menor productividad porque soporta un permanente proceso erosivo a falta de sistemas de riego para sustentar la producción extensiva con mayor rentabilidad.

El caudal de agua disponible para el cantón Latacunga, es de 211,13 litros/segundo para una población de 183.446 habitantes (población total Cantonal proyectada al 2014); dándonos un volumen de agua de 99,43 litros al día por habitante.

1.7.1. Balance Hídrico en la Provincia de Cotopaxi

La Provincia de Cotopaxi, por su configuración morfológica, posee una red fluvial con abundantes recursos hídricos que drenan a tres vertientes hidrográficas:

- a) El río Cutuchi y sus afluentes en la zona central que forman parte de la cuenca del Amazonas.
- b) El río Toachi y sus afluentes que forman parte de la cuenca del río Esmeraldas.
- c) Las vertientes de la región sur occidental que forman parte de la cuenca alta del río Guayas.

Cada una de estas cuencas presenta características completamente diferentes y particulares como es el caso de la pluviosidad y la temperatura, que nos permitirá realizar los análisis de la oferta (aportes de agua) y pérdidas del agua (evapotranspiración), así se detalla en el siguiente cuadro.

TABLA 1.3. CAUDALES MEDIOS Y ANUALES

Caudales Medios y Unitarios Anuales / Cuencas			
Cuencas	Área (km ²)	Precipitación Media Anual (mm)	Temperatura Media Anual (°C)
Guayas	2,476	2,654,00	21,1
Toachi	1,319	2,015,53	18
Cutuchi	2,248	854,8	11,83

FUENTE: INAMHI

Los datos que reflejan que gran parte de la población se abastecen de agua para consumo y riego de las cuencas internas que fluyen a la intercuenca del río Cutuchi a pesar de tener menor caudal que las otras intercuenas.

Para un mejor entendimiento se ha calculado el aporte de las aguas por cada intercuenca, tomando en cuenta el caudal medio drenado (l/año) y que se encuentran registradas por más de veinticinco años, en las estaciones hidrométricas del INAMHI, esta información permitirá determinar modelos de aporte del agua de cada cuenca. La siguiente tabla presenta el caudal medio anual de las cuencas y los porcentajes de aporte hídrico de cada cuenca en la provincia.

TABLA 1.4. CAUDALES ANUALES

Porcentaje Anual de Aporte de Agua / Cuencas			
Cuencas	Área (km ²)	Caudal Media Anual (l)	% de Aporte de la Cuenca
Guayas	2,476	451,39	57,05
Toachi	1,319	232,11	29,34
Cutuchi	2,248	13,69	13,61

FUENTE: INAMHI

1.8. RIEGO

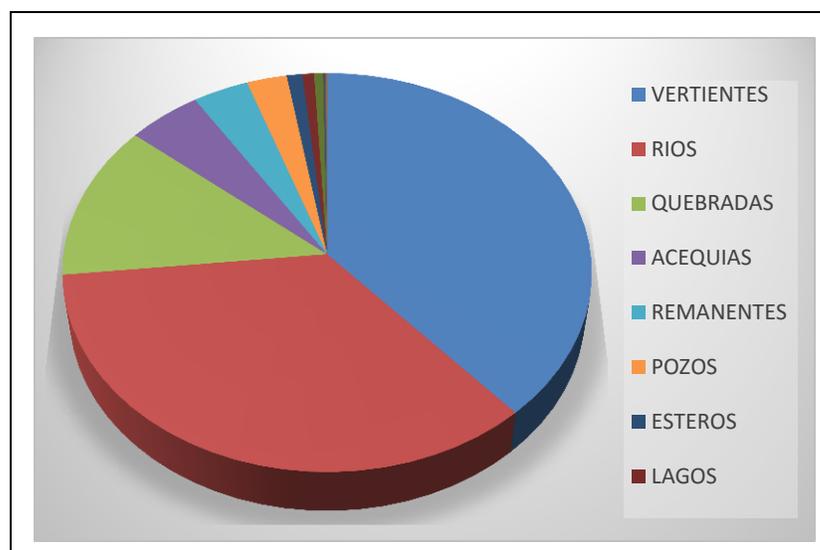
Según la Secretaría de Aguas (2013): La superficie bajo riego de la Provincia de Cotopaxi es de 64.721.76, de acuerdo a la información de la Secretaria del Agua, que representa el 26.22% de la superficie potencialmente regable.

De acuerdo a sus particularidades geográficas, cada cantón presenta una situación distinta en torno al riego.

1.8.1. Adjudicaciones Otorgadas de Agua para Riego

Análisis y Plan Estratégico Territorial y de Aguas, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA, manifiestan que: Se han identificado 1.156 adjudicaciones de agua para riego a nivel provincial, provenientes de distintas fuentes: 444 vertientes, 404 ríos, 146 quebradas, 57 acequias, 43 remanentes, 31 pozos profundos, 12 esteros, 9 lagos. 7 drenajes subterráneos, 1 de afloramientos profundos, 1 de galerías y 1 de otras fuentes como se muestra en la figura 1.4.

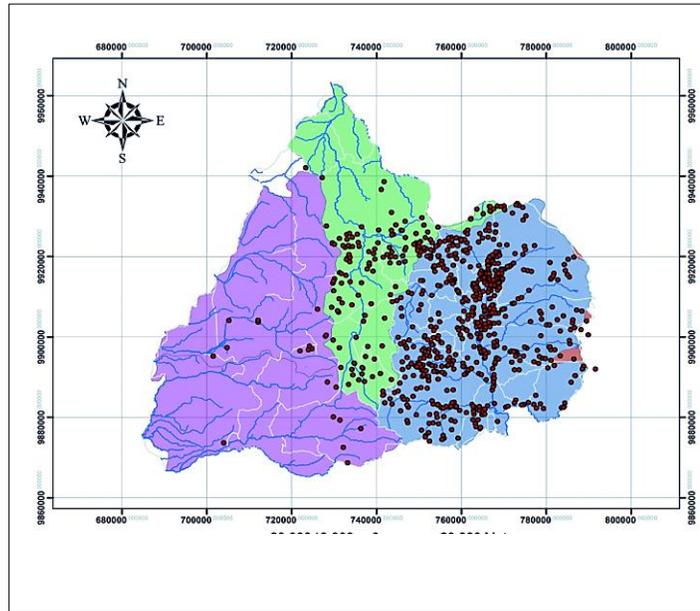
FIGURA 1.4: ADJUDICACIÓN DE AGUA



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

De las adjudicaciones entregadas por la Secretaría del Agua, el 82.35% se concentra en la cuenca del río Cutuchi, el 3.92% en la cuenca alta del río Esmeraldas, el 13.23% en la cuenca alta del río Guayas y el 0.35% en la cuenca del río Napo, según la figura 1.5.

FIGURA 1.5: CUENCAS Y SUBCUENCAS DE COTOPAXI



FUENTE: SECRETARÍA DE AGUA

1.9. MANEJO DE POTREROS

VALENCIA, Ernesto (2012), manifiesta que:

Existen diferentes pasos para medir potreros:

1. Se observó con detenimiento todo el potrero, con el fin de evaluar si la producción de forraje es homogénea en toda el área o si existen zonas con diferencias marcadas.
2. En cada uno de los sitios elegidos, se demarca un área de 1 m. x 1 m. (1 m); utilizando un marco elaborado con madera de 10 cm de ancho y 120 cms. de largo, que se perforan en la parte central, a 5 cm del extremo y se aseguran con tornillos.

3. Una vez demarcado el cuadro, se corta el pasto que está dentro y se recoge en un saco o bolsa de papel. Se procede de la misma forma con cada uno de los cuadros, hasta cortar el pasto de todos los muestreos.
4. El pasto cortado debe pesarse de inmediato y el peso total hay que dividirlo por el número de cuadros cosechados.

$$A = \frac{B}{C} \quad \text{Ec. 1.1}$$

A= Producción por metro cuadrado

B= Peso total del pasto cortado en los cuadros

C= Número de cuadros usados

Luego se procede a obtener el dato de la producción total de pasto, en función al dato de producción de cada metro².

$$A = E . A \quad \text{Ec. 1.2}$$

D= Producción total del potrero

E= Área del potrero

A= Producción por metro cuadrado

1.9.1. Lámina almacenable del suelo

HINOJOZA, Carlos, (2016), manifiesta que: Corresponde a la parte de la lámina total de agua en la capa del suelo que exploran las raíces del pasto.

La lamina almacenable viene dada en función de las características físicas del suelo, que determinan su capacidad de almacenamiento hasta la profundidad radicular de las plantas observada en la **Ec. 1.3**.

$$dt = \frac{W_{cc} - W_{pmp}}{100} * Da * Zr \quad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

dt = lamina almacenable en el suelo, en cm

Wcc=Capacidad del campo, en %

Wpmp=Punto de marchitez permanente, en %

Da=Densidad Aparente en gr/cm³

Zr= Profundidad radicular del cultivo.

1.9.2. Umbral de riego

KELLER; J., (1983), manifiesta que: Es el porcentaje de agua almacenada que se permite agotar antes de aplicar el riego por aspersión. El umbral de riego depende de la sensibilidad del pasto al estrés hídrico y del valor económico del pasto y se la determina mediante la tabla 1.5.

TABLA 1.5. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Tipo de Suelo	Laminación Almacenable en cm	Humedad	Umbral de riesgo
Suelo Negro	dt =3,55cm	45%	20, 30%
Suelo Arcilloso	dt =2,47cm	33%	15,35%
Suelo Cangagua	dt =5,55cm	78%	35,35%
Suelo Arenoso	dt =6,55cm	86%	30,40%
Suelo húmíferos	dt =4,35cm	50%	41,40%
Suelos pedregosos	dt =4,83cm	47%	60,75%

Fuente: Keller, J.

1.10. SUPERFICIE BAJO RIEGO

1.10.1. Riego en el Cantón Latacunga

Latacunga constituye uno de los cantones con mayor producción de agua para

riego, por su territorio atraviesa la intercuenca del río Cutuchi en el cual se conecta 82.35% de la demanda, a la cual desembocan varias cuencas internas.

La Secretaría de Agua, ha entregado un total de 679 adjudicaciones de agua para riego, el caudal total asignado suma 18.227.70 l/s, que representa el 69.57% del caudal total adjudicado de la provincia.

TABLA 1.6. REGADÍO POR HECTÁREA

ESCENARIO ACTUAL DE RIEGO EN LATACUNGA				
Sistema De Riego	N° de adjudicaciones	Caudal (l/s)	Área de Riego (ha)	Dotación promedio (l/s/ha)
SRIA	434	7.745,41	13.963,29	0,55
SRC	241	4.817,00	12.566,05	0,38
SRPNT	4	5.665,28	8.963,97	0,63
Total	679	18227,69	35.493,31	0,51

FUENTE: SECRETARÍA DE AGUA

SRIA: Sistema de riego Individual o asociativo; SRC: Sistema de Riego Comunitario; SRPNT: Sistema de Riego Público no Transferible

1.10.2. Lámina neta (dn)

CASTRO, Carlos (2009), manifiesta que: Es la lámina de agua a reponer en cada pasto, considerando el manejo del agua en el suelo a través del umbral de riesgo, se calcula por la **Ec 1.4**.

$$dn = dt * UR \quad \text{Ec. 1.4}$$

Donde:

dn= lamina neta en cm

dt= lamina total almacenable, en cm

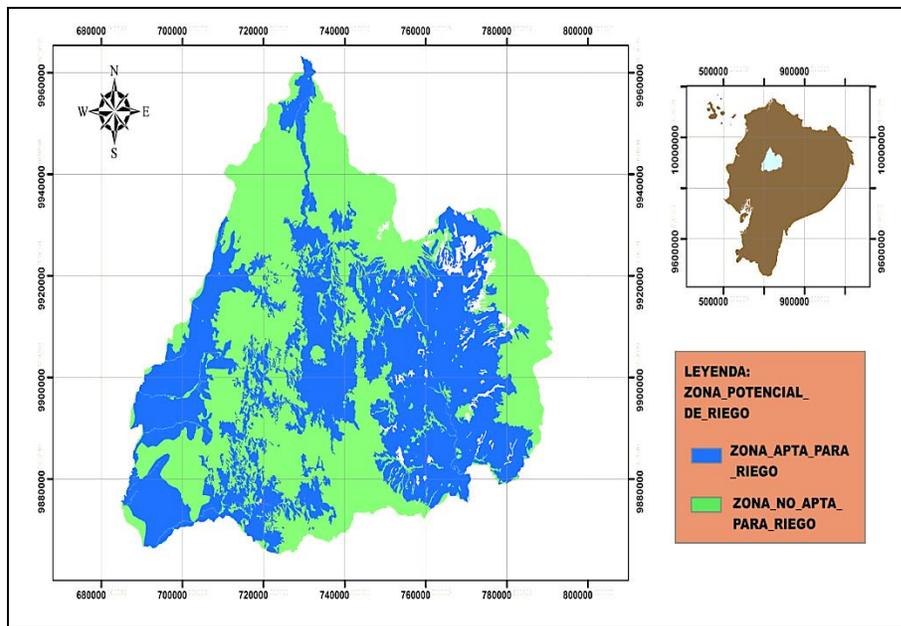
UR= umbral de riesgo (40% para pasto)

1.11. COBERTURA DE RIEGO

1.11.1. Superficie Potencial de Riego

Se considera como superficie potencial de riego al área que presenta aptitud para la producción agropecuaria y forestal. Esta superficie equivale a 246.795 hectáreas y no incluye las áreas consideradas como Patrimonio Natural del Estado, Bosques Protectores, áreas donde existe vegetación natural (páramos y bosques) que se encuentren sobre los 3600 msnm, como muestra la figura 1.6.

FIGURA 1.6. SUPERFICIES POTENCIALES



FUENTE: SECRETARÍA DE AGUA

1.11.2. Frecuencia de riego máxima (Fr max)

FUENTE: SAZ Felipe y otros (2009), manifiestan que: Representa el máximo intervalo entre dos riegos consecutivos, considerando la lámina neta y la demanda evapotranspiratoria para el periodo de máxima demanda. **Ec. 1.5.**

$$Fr_{max} = \frac{dn}{ETc}$$

Ec. 1.5

Donde:

Fr max= frecuencia de riesgo máxima, en días

dn: lamina neta, en mm

ETc: evapotranspiración real máxima en mm/día

1.11.3. Frecuencia de riego

Es el vapor de frecuencia de riego que se asume dependiendo del método de riego y la preferencia de riego de los agricultores.

La frecuencia de pasto que se asume para el diseño deberá ser menor o igual a la frecuencia máxima.

1.11.4. Lámina neta de riego

Es la lámina neta de agua que se va aplicar en cada riego, para satisfacer la demanda de agua de los pastos durante la frecuencia de pasto.

Se expresa mediante la **Ec 1.6.**

$$\mathbf{dnr = Fr * Etc} \qquad \mathbf{Ec. 1.6.}$$

Donde:

dnr: lamina a aplicar en mm

Fr: frecuencia de riesgo en días

Etc: evapotranspiración real del pasto, expresada en mm/día

1.11.5. Lámina bruta de pasto

Es la cantidad de agua que realmente se va aplicar considerando la eficiencia del sistema de pasto.

Lamina bruta de pasto se calcula por la **Ec. 1.7.**

$$\mathbf{db = \frac{dn}{Ef}} \qquad \mathbf{Ec. 1.7.}$$

Donde:

db: lámina bruta de pasto en mm.

dn: lamina neta de riesgo en mm.

Ef: Eficiencia de la aplicación del pasto.

1.12. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

Un factor principal en el correcto funcionamiento de un sistema de riego por aspersión son sus componentes, estos deben trabajar de una forma adecuada para lograr una mayor eficiencia al momento de aplicar el riego.

GUAMÁN, Diego (2014), manifiesta que existen diversos componentes en los sistemas de riego, los cuales son:

- Fuente de abastecimiento de agua para riego
- Desarenador
- Sistema de gravedad para riego
- Filtro Hidráulico
- Filtro
- Tubería rígida
- Tubería flexible

1.12.1. Fuente de abastecimiento del agua para riego

Es el suministro de agua para el sistema, pueden ser estanques, canales de riego, ríos, reservorios o cualquier otra forma que garantice dotar un caudal necesario para regar un cultivo.

1.12.2. Desarenador

Es el primer componente para la captación de agua y conocido como sedimentación, se encarga de remover las arenas y sólidos que están en suspensión en los canales de riego y ríos. La remoción se realiza mediante un proceso de depósito y asentamiento por gravedad de las partículas suspendidas en el agua.

1.12.3. Sistema de gravedad para riego

Consiste en llevar un flujo de agua desde la fuente abastecedora hasta los campos y aplicarla directamente a la superficie del terreno por gravedad, cubriéndola totalmente o parcialmente.

La característica principal del riego por gravedad es la forma de distribuir el agua en el suelo. Al avanzar el agua sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en el terreno.

1.12.4. Filtros Hidráulicos

El objetivo de la filtración de un fluido o líquido, es entregar al sistema un fluido libre de impurezas que puedan dañar los elementos de la etapa de distribución, además evitan obstrucciones en los accesorios. El filtrado prolonga la vida útil de los componentes del sistema.

1.12.5. Filtros

Son dispositivos que retienen partículas extrañas más pequeñas que se encuentran en un fluido. Los filtros pueden ser instalados en el reservorio o en cualquier otra parte del sistema; son ubicados donde sean requeridos por el diseñador.

1.12.6. Electroválvulas

Las electroválvulas, son dispositivos diseñados para abrir y cerrar el paso de un fluido en conductos cerrados que generalmente son tuberías. Estos dispositivos son activados o desactivados mediante una señal eléctrica que puede ser enviada desde un programador en sistemas de riego tecnificados.

1.12.7. Tubería

En forma general la tubería es cualquier cuerpo hueco capaz de conducir por sus paredes cualquier fluido de diferentes pesos, densidad y viscosidad.

1.12.8. Tubería rígida

Este tipo de tuberías suelen ser ideales para la conducción de fluidos en las instalaciones fijas, o en instalaciones industriales porque conducen líquidos o gases a temperaturas y presiones elevadas.

1.12.9. Tubería flexible

La tubería flexible suele utilizarse sobre todo en el sector agrícola, en sistemas de riego móviles, esto permite llegar a mayores áreas utilizando un menor peso para su transportación, posee mucha flexibilidad y resistencia a las cargas. Dentro de este tipo de tuberías las más conocidas son las de polietileno, como se muestra en la figura 1.7

FIGURA 1.7. TUBERÍA PARA RIEGO



FUENTE: <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola>

1.12.10. Aspersores

Los aspersores son dispositivos encargados de distribuir del agua de riego de una forma continua, con un alto grado de uniformidad y un riego tipo lluvia.

Los aspersores están provistos de una o más boquillas por donde sale el agua a presión, estas se encuentran sobre un cuerpo central, mientras que el movimiento giratorio es provocado por la presión de salida del agua.

1.12.10.1. Separación de aspersores y laterales

La separación entre laterales y aspersores se asume en función de obtener una uniformidad de riesgo adecuada. El viento modifica el comportamiento del regado, además la separación de los aspersores no debe ser mayor que la de los laterales.

La separación entre laterales y aspersores se puede determinar a través de las **Ec. 1.8. y 1.9.**

$$Sa = Ka * Dm \quad \text{Ec. 1.8.}$$

Donde:

Sa = Separación entre aspersores

Ka = dato en función del viento promedio de la zona

$$SI = KI * Dm \quad \text{Ec. 1.9.}$$

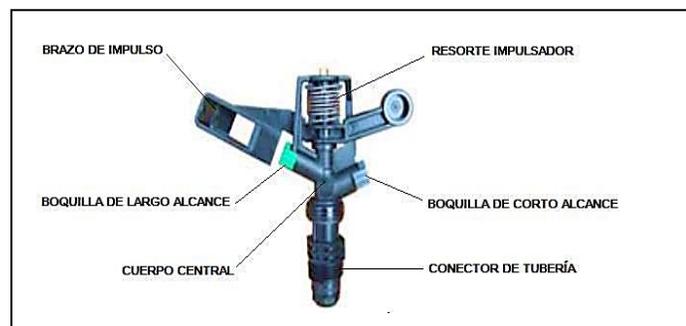
Donde:

SI= Separación entre laterales

KI = dato en función del viento promedio de la zona

Los aspersores tienen diferentes partes las cuales se muestran en la figura 1.8

FIGURA 1.8. PARTES DE UN ASPERSOR



FUENTE: <http://sitio.plastigama.com/riego-por-aspersion>

1.12.10.2. Intensidad de aplicación

FUENTEELSAZ Felipe y otros, (2009), manifiestan que: La intensidad de aplicación del aspersor deberá ser menor a la infiltración básica del suelo, esto con el fin de evitar el escurrimiento y/o encharcamiento del agua de riego sobre la superficie del terreno. La intensidad de aplicación se calcula mediante la **Ec 1.10.**

$$Lap = \frac{qa}{Sa*Sl} \quad \text{Ec. 1.10.}$$

Dónde:

Lap: intensidad de aplicación, en cm/h

qa: caudal del aspersor, en m³/h

sa: Separación entre aspersores, en m

sl: Separación entre laterales, en m

1.12.10.3. Tiempo de riego

Es el tiempo que debe permanecer cada lateral regando en su posición, y este se calcula mediante la **Ec. 1.11.**

$$Tr = \frac{db}{lap} \quad \text{Ec. 1.11.}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riesgo en h

db: lámina bruta de riesgo

lap: Intensidad de aplicación, en mm/h

1.12.11. PLC.

PEREZ, Wilfrido. (2010, p. 11, 12) manifiesta que: **“Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales”.**

MORENO, Bailly. (2002, p 45,56) manifiesta que: **“PLC (controlador lógico programable). La automatización de la máquina para la realización de un proceso la realiza un PLC, el cual controla motores y electroválvulas a través de los contactores, relés auxiliares”.**

Los criterios mencionados son favorables y determina que el PLC, en sí es una máquina electrónica la cual es capaz de controlar máquinas o también procesos a través de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicas como digitales.

1.12.11.1. Aplicación de los PLC.

Se pueden utilizar para aplicaciones como medida de frecuencia, velocidad, totalizador, etc. El usuario puede definir hasta 2 Contadores de Alta Velocidad.

Tiene soporte para funcionalidad Ladder, su ejecución puede ser a través del puerto de comunicación o las I/O y el monitoreo para depurar está disponible desde el software de configuración.

1.12.11.2. HMI

ROMERO, Diego. (2011,44) manifiesta que: **“La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora”.**

Las señales obtenidas de los procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables).

1.12.11.3. Funciones de un HMI.

- **Monitoreo.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, se pueden mostrar como números, texto o gráficos.
- **Supervisión.** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente.
- **Alarmas.** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.

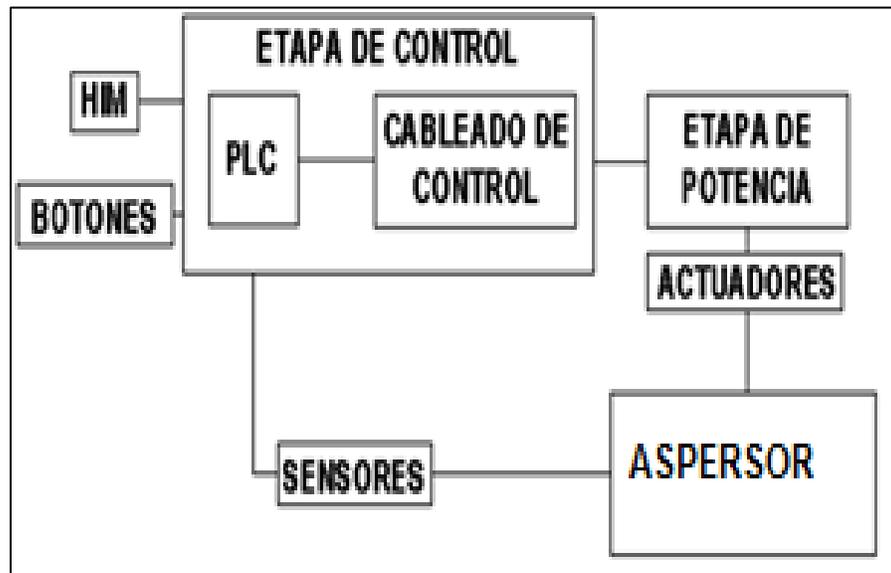
- **Control.** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites como se muestra en las figuras 1.9. Y 1.10.

FIGURA 1.9. PLC



Fuente: http://www.ditel.es/hojas/es/ARGOS_ES_PDF

FIGURA 1.10. SISTEMA HMI



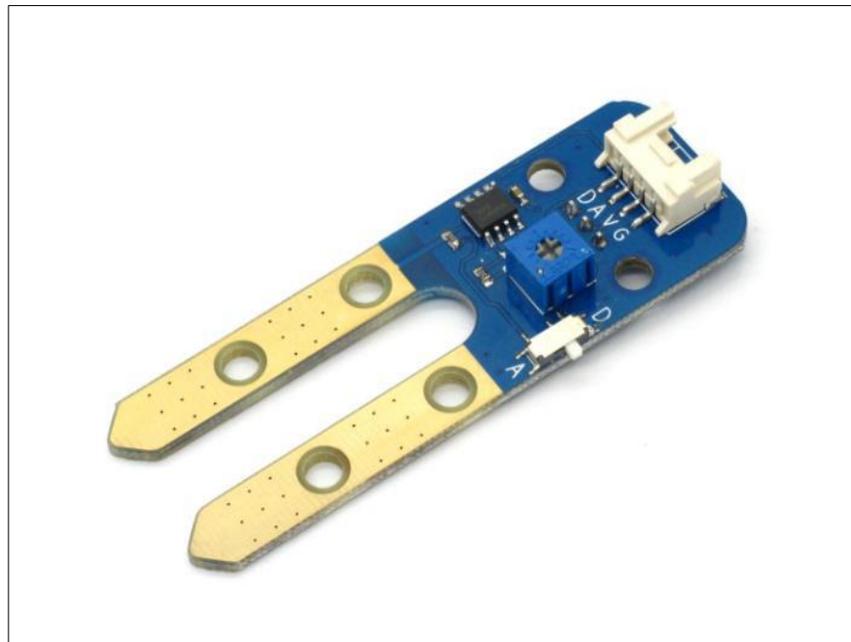
FUENTE: <http://es.scribd.com/cursos-PLC-TOSHIBA>

1.12.12. Sensor de Humedad

Soil Moisture Sensor Division, Características de Sensores, United States of America.

El sensor de humedad mide o detecta variables químicas o físicas que determinan el grado de humedad. Existen diferentes métodos para medir el contenido de agua, uno de ellos consiste en tomar una muestra y remover el agua que posea y ver el contenido de peso en dicha muestra. Otra forma de encontrar el grado de humedad es con evaporación de una superficie de agua con una corriente de gas y el enfriamiento de una muestra de gas hasta que las condensaciones sean detectadas, se muestra en las figuras 1.11

FIGURA 1.11. SENSOR DE HUMEDAD



Fuente: support@iteadstudio.com

1.12.13. Sensor de temperatura

Que es un Pt100 ?

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y

característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo) Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vainas), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal), se muestra en las figuras 1.12

FIGURA 1.12. TERMOCUPLA PT 100

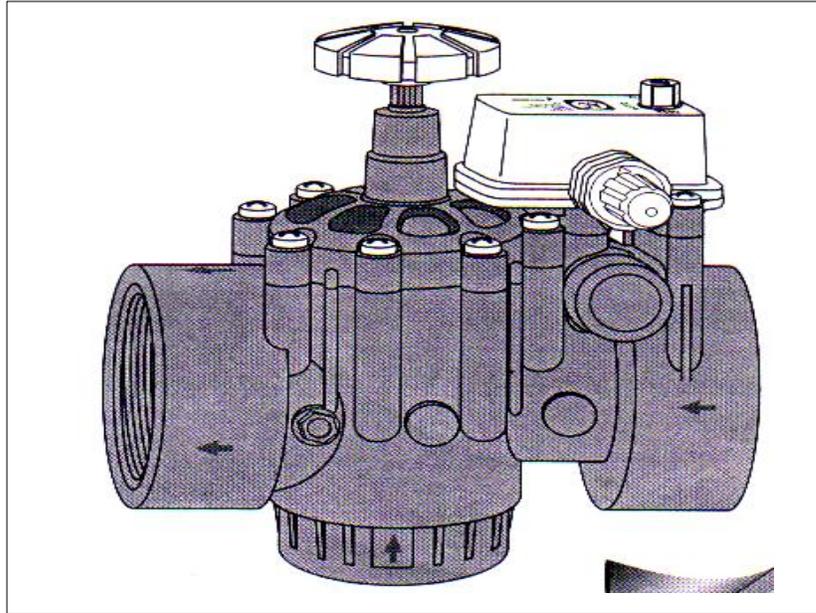


Fuente: MaxBotix, MaxSonar

1.12.14. ELECTROVÁLVULA NETAFIN

CARRASCO, A. (2009), manifiesta que: **“La electroválvula está diseñada para trabajar o para ser manipulada tanto de forma manual como de forma automática, por medio de un PLC, y una alimentación de 24 DC.”**
(p. 3)

FIGURA 1.13. ELECTROVÁLVULA NETAFIN



Fuente: Manual de Usuario Electrical Valve

1.12.15. Accesorios (fittings)

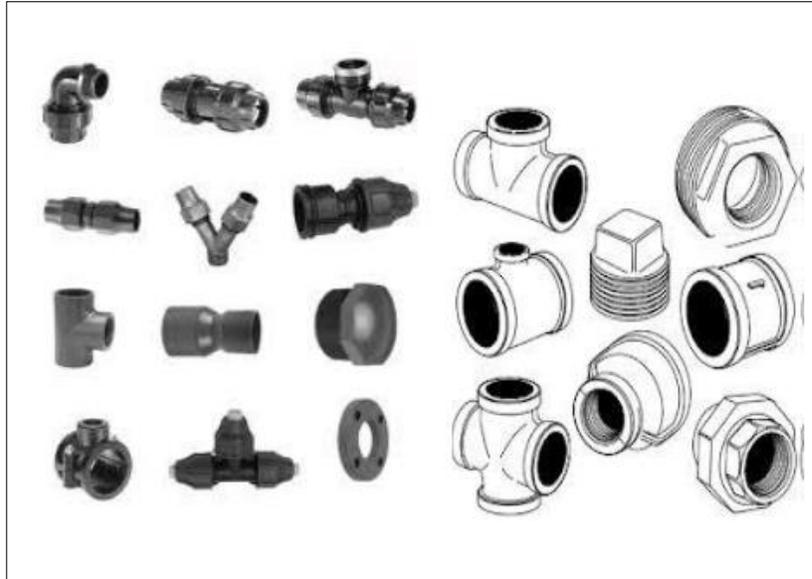
Se entienden por fittings a los accesorios usados para unir tuberías en virtud de la geometría de instalación.

Estos se fabrican estos accesorios de diversos materiales (PVC, PE, bronce, aluminio, acero, hierro fundición, hormigón, etc.) teniendo gran cantidad de formas y dimensiones.

Para mayor información basta recurrir a un catálogo especializado donde se encuentran sus características físicas (diámetros, longitudes, pesos, etc.).

Cada accesorio posee características propias de acuerdo a su geometría, tipo o indistintamente de cada uno de fluidos que en estos se puedan transportar teniendo muy en cuenta la velocidad, viscosidad, etc. (Véase figura 1.14).

FIGURA 1.14. ACCESORIOS



Fuente: Manual de Usuario Electrical Valve

1.13. MARCO LEGAL

En estos últimos años, Ecuador ha tenido importantes cambios a nivel legislativo y regulatorio, como fue en 2008.

La aprobación de una nueva Constitución, que posee varios artículos que sirven de apoyo a la investigación, los cuales son citados a continuación:

TITULO II

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

Sección Segunda

Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Sección Sexta

Habitad y vivienda

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Sección Novena

Personas usuarias y consumidoras

Art. 52. - Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

Capítulo séptimo

Derechos de la naturaleza

Art. 71. - La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 74. - Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se estudió la localización, el agua como recurso hídrico del proyecto, se presentó datos reales de mediciones de agua. También se ejecutó unas técnicas e instrumentos necesarios para la obtención de datos los cuales sirvieron para detallar las necesidades de riego de las personas en torno del uso al recurso hídrico del sector.

2.1. Estudio geográfico del lugar a instalar el sistema de riego

2.1.1. Localización del proyecto

Illuchi se encuentra geográficamente ubicada al Nororiente de la ciudad de Latacunga, perteneciente a la Parroquia Juan Montalvo y se encuentra en el Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi.

La Finca “San Nicolás” se encuentra geográficamente ubicado en el barrio Juan Pablo Segundo. La Finca cuenta aproximadamente en una extensión de terreno de 4.480 m².

Desde el centro del Cantón Latacunga nos dirigimos hacia el Nororiente a la Parroquia de Juan Montalvo, la cual se encuentra a 15Km de distancia en una vía de primer orden, su orografía es la de una fértil llanura paramera donde podemos encontrar grandes colinas, quebradas y riachuelos de aguas cristalinas.

Estas extensiones de tierras al estar cuidadas por sus propietarios y pastoreado por los animales de forma sostenida no constituyen ningún peligro de destrucción para su entorno natural, por el contrario, es un beneficio en cuanto a la fertilización del suelo para que se mantenga una buena capa vegetal.

2.2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.2.1. Investigación experimental

Fundamentalmente la experimentación de otros modelos de proyectos nos permitió compartir las experiencias de proyectos similares mejorando aspectos que se considerarán válidos y procurando no cometer errores en base a experiencias de proyectos pasados.

Con la aplicación de la investigación experimental podremos llegar a la manipulación de variables e intervención directa a ellas donde podremos observar con gran claridad el desarrollo y las consecuencias de estas.

2.2.2. Métodos de investigación

2.2.2.1. Método Analítico

Mediante la aplicación de este método logramos separar estructuralmente todas y cada una de las partes de los componentes y por el cual pudimos analizarlo con más profundidad y detallar los subcomponentes, conceptos y criterios sin dejar dudas de temas secundarios.

2.2.3. Técnicas de investigación

2.2.3.1. La Observación

La observación fue la técnica más utilizada, en base al uso de la visión media, se obtuvo veracidad sobre cada uno de los datos obtenidos, de esta forma se logró la respectiva tabulación y cálculos que determinaron la factibilidad sobre el uso de los equipos y accesorios para la obtención de un riego con alta

efectividad, y de esta manera utilizar el recurso hídrico de la manera más adecuada evitando su desperdicio.

La observación ayudó a determinar los diversos errores e inconsistencias existentes para su corrección, así como para la apreciación del riego tecnificado de agua por aspersión en los diferentes sistemas de medición instalados y sus variables a través de un check list.

2.2.4. Estudio del recurso hídrico en el sector

La información obtenida es real, los mismos que fueron obtenidos en base a diferentes técnicas y gracias a un caudalímetro o medidor de caudal para líquidos por ultrasonido PCE-TDS 100h / hs; este es el instrumento utilizado, sensores de temperatura, medidor de ph de agua colocados por el grupo investigador en una de las tomas de agua en la finca San Nicolás para obtener un estudio continuo de las 24 horas del día y así obtener datos exactos en base a sus promedios.

TABLA 2.1. DATOS DE AGUA

ESTUDIO DEL AGUA DE LA FINCA SAN NICOLAS	
Aspectos físicos del agua	Características
Turbidez	Plancton arenisca
Color	Azul verdosa
Cantidad de agua	3.5 lts/seg
Transparencia	Semiclara
Temperatura	11.5°C – 14.8°C
PH	7.0 a 8.5
Oxígeno disuelto	5.5ppm – 8.8ppm
Dióxido de carbono en el agua	Anhídrido carbónico normal
Alcalinidad	Sales de carbonato pequeñas entre los 20 a 200 mg/ltr de 50 a 200 ppm
Dureza	Concentración iones de calcio entre 80 a 300 mg/ltrs

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

Los datos obtenidos, fueron tomados directamente del Caudalímetro para líquidos por ultrasonido PCE-TDS 100h / hs, este instrumento proporciona datos de velocidad de flujo, caudal, temperatura y funciona con dos sensores de ultrasonido y un gel de contacto que se coloca en la superficie de la tubería a ser medida, la figura 2.1., muestra el caudalímetro empleado en este estudio.

FIGURA 2.1. CAUDALÍMETRO



FUENTE: PCE

2.3. POBLACIÓN

La población involucrada (Universo) para la investigación fue considerada como pequeña, la misma que fue tomada en su totalidad, por lo tanto, es factible obtener información, en la Tabla 2.2 se reflejan los involucrados.

TABLA 2.2: POBLACIÓN INVOLUCRADA

Ítem	Involucrados	Númer
1	Usuarios del sistema de riego por aspersión	30
	TOTAL	30

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados se detallan mediante la tabla 2.3, en la cual se muestran datos de producción contra el área de cosecha y el uso del recurso hídrico, teniendo en cuenta que los valores de producción y consumo son en bruto.

TABLA 2.3. PRODUCCIÓN PASTO Y CONSUMO DE AGUA

Área de riego	Kg de pasto en bruto	Kg de pasto pretendido	% Agua/m ²
1m ²	10 kg	19 kg	25 lt
10m ²	100 kg	208 kg	250 lt
100m ²	1000 kg	2180 kg	2500 lt

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

En función de la tabla 2.3, se planifica emplear la misma cantidad de litros de agua en las mismas áreas de terreno, pero aumentar la producción de pasto en gran significancia, validándose a través de los kilos de producción, mediante la utilización de un sistema automático de riego y controlado por sensores de temperatura y humedad para una correcta distribución de agua en el suelo, estos datos son de riego y no están involucrados los datos de precipitación del sector

2.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.5.1. Enunciado

“Cómo la implementación de un sistema de riego por aspersión automatizado en la finca “SAN NICOLAS” sector Illuchi podrá optimizar el recurso hídrico y mejorar los niveles de producción agrícola”

2.5.2. Hipótesis nula

“Cómo la implementación de un sistema de riego por aspersión automatizado en la finca “SAN NICOLAS” sector Illuchi **NO** podrá optimizar el recurso hídrico y mejorar los niveles de producción agrícolas”

2.5.3. Variable independiente

- La instalación de un sistema de riego por aspersión automatizado permitirá mejorar la producción agrícola y minimizar el recurso hídrico en la finca “SAN NICOLAS”.

2.5.4. Variable dependiente

- Permitirá mejorar la calidad de vida en el sector ubicado en el cantón Latacunga sector Illuchi.

2.6. REGLA DE DECISIÓN

Mediante los datos obtenidos de consumo de agua y producción de pasto, más los datos a los que se pretender llegar teniendo en cuenta que los datos de producción son bajos para el área de terreno determinada (tabla 2.3), se concluyó en la aprobación de la hipótesis y se determinó que es factible la implementación de un sistema de riego tecnificado por aspersión, el cual servirá de gran aporte para los beneficiarios y servirá directamente para optimizar el recurso hídrico y aumentar la producción de pasto.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

En este capítulo se detalló el análisis del recurso hídrico el cuál es el parámetro más importante a valorar para la determinación y selección de los elementos y equipos idóneos para este sistema, considerando que el alcance y potencia que se obtuvo varió con respecto a la gravedad y a la cantidad de agua en el sistema de almacenamiento.

3.1. TEMA

“ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y PRODUCTIVIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE SISTEMA HMI EN LA FINCA “SAN NICOLAS” SECTOR DE ILLUCHI UBICADO EN EL BARRIO JUAN PABLO SEGUNDO EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2015-2016.”

3.2. PRESENTACIÓN

El trabajo de investigación que desarrolló el grupo investigador, fue de aporte tecnológico, al haber fortalecido los conocimientos de los miembros investigadores, así mismo fue de gran aporte para la Finca San Nicolás como

directos beneficiarios. Eso también ayudó al usuario a mejorar su sistema productivo gracias al aumento de producción de pasto para la alimentación de animales.

3.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tuvo como objeto demostrar el funcionamiento y partes de un sistema de riego tecnificado por aspersion de agua en base al aprovechamiento de un recurso natural, que en este caso es el recurso hídrico más el uso de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos para la parte de automatización.

Los ríos son importantes en el desarrollo de las comunidades, pues el recurso hídrico (agua) es utilizable tanto para el consumo humano como para la captación y abastecimiento de riego para los cultivos.

En el Cantón Latacunga, se tiene la presencia de varios sectores agrícolas y ganaderos de mayor producción del centro del país. Productos tales como hortalizas, legumbres y vegetales de varios tipos provenientes de éste sector abastecen el mercado alimenticio de la región central ecuatoriana, siendo el agua un recurso indispensable para el desarrollo de la actividad agrícola.

La acequia retamales “PANSACHE” con un número de 30 socios, es la destinada al riego en el sector de Illuchi ubicado en el barrio Juan Pablo Segundo en el cantón Latacunga, sin embargo, el sistema actual no permite que el abastecimiento del recurso hídrico satisfaga las necesidades de los productores. Uno de los principales problemas del sector, es la escasez de agua para el riego de los cultivos.

Se plantea como solución, la implementación de un sistema de riego por aspersion en base a gravedad, el cual brinda un incremento de producción de pasto, compuesto por varios aspersores para cubrir todo el terreno, sensores, tubería para transporte de agua y de un sistema de almacenamiento de agua.

Los motivos por los que se escogió un sistema de riego tecnificado por aspersión para dar suministro de agua a los terrenos y campos de la Finca San Nicolás, son los siguientes:

1. Las características propias del agua en base a su presión, cantidad y ph.
2. Las cantidades de oxígeno disuelto en el agua.
3. La cantidad de agua del sector.
4. El dióxido de carbono en el agua se encuentra dentro de los parámetros normales.

3.4. OBJETIVOS

3.4.1. Objetivo General

- Implementar un sistema automático de riego mejorando la productividad en la Finca “San Nicolás” del sector de Illuchi.

3.4.2. Objetivos Específicos

- Detallar los elementos que compone el sistema automático de riego.
- Minimizar el recurso hídrico y potenciar la estructura productiva de la Finca “San Nicolás”.
- Obtener la producción de pasto en menor tiempo y mejor calidad, estableciendo periodos de riego mediante un sistema automático.

3.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

3.5.1. Factibilidad Técnica

Se demuestra una factibilidad técnica al momento que se adquirieron los equipos de acuerdo al estudio y análisis de los mismos, elementos de control

y automatización, riego y aspersión, almacenamiento y medición, los mismos que forman parte del sistema de riego, la amplia gama de productos en el mercado ayudó adquirir elementos de calidad, lo que hace al sistema muy confiable.

3.5.2. Factibilidad Económica

El desarrollo de este proyecto está enmarcado en el aporte económico tanto del grupo investigador como en la contraparte por parte de la Finca San Nicolás en un alrededor de (5.000) los cuales serán necesarios para el estudio e implementación del sistema de riego por aspersión, en una encuesta realizada al MAGAP solo el estudio llevaría alrededor de unos 10.000 dólares para ser implementado en la zona.

Los habitantes del lugar manifiestan que no pueden realizar estos sistemas debido a la lejanía y al alto costo que conlleva realizar los sistemas de riego por aspersión.

3.5.3. Factibilidad Operacional

Los conocimientos adquiridos en el transcurso de la vida estudiantil y la investigación al momento que se realizó este proyecto ayudaron a una correcta manipulación del sistema de riego por aspersión, por parte del grupo investigador y la debida instrucción de trabajo que se realizó a los beneficiarios de la Finca, esto garantizará un correcto uso del agua mediante la automatización del sistema de riego haciendo que sea más eficiente.

3.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El análisis para el desarrollo de sistemas de riego por aspersión inteligente está enfocado en mejorar la producción de pastos y realizar la optimización del recurso hídrico, mediante el sistema de riego por inundación, el agua se desperdicia en un 45% y no se puede regar dichas áreas en su totalidad.

3.6.1. Estudio Hídrico

Al recolectar toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto, se procedió a la obtención de los datos necesarios para poder desarrollar este sistema de riego por aspersión tecnificado el mismo que está constituido de la siguiente manera:

3.6.1.1. Diseño del sistema de riego

Luego de realizar las etapas correspondientes al desarrollo del proyecto que produjeron la información básica para los fines de riego por aspersión tecnificado, se procede a diseñar el sistema de riego por aspersión.

El diseño se fundamenta en garantizar el suministro de agua en las diferentes áreas de producción de pasto, para condiciones de máxima demanda, de 5 toneladas de pasto y la mínima de 1.5 toneladas que necesita proporcionar la finca la misma que se muestra en la tabla 3.1.

Con el objetivo principal de obtener un apropiado desarrollo en la producción de pasto, mediante el siguiente cálculo.

3.7. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO

3.7.1. Pasos a seguir para medir potreros:

Para medir el terreno por áreas y determinar el peso total de pasto en la Finca San Nicolás de estas se utiliza la **Ec. 1.1**.

$$A = \frac{B}{C} \qquad \text{Ec. 1.1}$$

$$A = \frac{1,5}{5} 0,3 \text{ Kg/m}^2$$

B= 1,5 peso total del pasto cortado en los cuadros en la Finca San Nicolás.

C= 5 Número de cuadros usados

Estimamos la producción total del potrero, para lo cual se emplea el área de la Finca San Nicolás ($30.850m^2$). Conociendo el dato anterior, se multiplica por la producción de cada metro cuadrado, en la **Ec. 1.2**.

$$D = E \times A \quad \text{Ec. 1.2.}$$

$$D = 30.850 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ kg.}$$

$$D = 9.255 \text{ kg.}$$

TABLA 3.1. COMPARACIÓN DE PRODUCCIÓN DE PASTO

Área de riego	Temperatura	Kg de pasto sin Riego	Kg de pasto con Riego	% Agua/m ²
1m ²	15°C-22°C	10 kg	23 kg	25 lt
10m ²	15°C-22°C	100 kg	230 kg	250 lt
100m ²	15°C-22°C	1000 kg	2300 kg	2500 lt

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

3.7.2. Diseño agronómico

El diseño agronómico de un sistema de riego por aspersión tecnificado constituye una de las partes más importantes, que determina el régimen de riego de la producción de pasto, en función de las características meteorológicas de la tabla 3.2 del lugar y la operación del sistema, en el diseño agronómico se determina la frecuencia, laminar y tiempo de riego.

TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

Meses del año	Parcialmente seco /1000%	Seco / 100%	Parcialmente lluvioso /100%	Lluvioso/100%
Enero	47%			
Febrero	56%			
Marzo		86%		
Abril		76%		
Mayo			42%	
Junio			66/	
Julio		23/		
Agosto		17%		
Septiembre				87%
Octubre				83/
Noviembre				81%
Diciembre				92%

Fuente: (Estación meteorológica UTC)

3.7.3. Lamina almacenable del suelo (dt)

Para el cálculo de la lámina de almacenamiento se utiliza la siguiente ecuación.
(3.3)

TABLA 3.3 DIMENSIONES DE LA RAÍZ Y EL CONSUMO DE AGUA

TIPO DE PASTO	CONSUMO DE AGUA 1m ²	DIMENSION DE LA RAIZ
Alfalfa	10 lts /m ²	9cm
Avena	7 lts /m ²	6.5 cm
Cebada	8 lts /m ²	4.8cm
Sorgo	6 lts /m ²	3.9cm
Trigo	5 lts /m ²	5cm
Triticale	8 lts /m ²	6,5 cm
Ryegrass	7 lts /m ²	4.5 cm

Fuente: Manual de cultivos del MAGAP Agro Ecuador

$$dt = \frac{W_{cc} - W_{pmp}}{100} * Da * Zr \quad \text{Ec. 1.3.}$$

Los valores a utilizar en la **Ec. 3** se obtienen de la tabla 1.3. dando como resultado una lámina almacenable de:

$$dt = 4,35\text{cm}$$

Esto se da debido por terrenos humíferos en el sector.

3.7.4. Umbral de riego (UR)

En la tabla 1.3 se detalla el tipo de suelo y a su vez los porcentajes de humedad, dando como resultado el umbral de riego del 41.40%., recomendado para los pastos hortícolas.

3.7.5. Lamina neta (dn).

Es la cantidad de agua a reponer en el pasto, teniendo en cuenta el manejo del agua en el suelo a través del umbral de riesgo y se calcula por la Ec. 1.4.

$$dn = dt * UR \quad \text{Ec. 1.4.}$$

$$dn = 17,4048 \text{ cm}$$

$$dn = 174.048 \text{ mm}$$

3.7.6. Frecuencia de riesgo máxima (Fr_{max})

Se refiere al máximo tiempo entre riegos consecutivos, se considera la lámina neta y la demanda evapotranspiratoria para el periodo de máxima demanda. Se calcula a través de la Ec. 1.5.

$$Fr_{max} = \frac{dn}{ET_c} \quad \text{Ec. 1.5.}$$

Se toma la evapotranspiración máxima que en este caso es la del mes de marzo que es de 3.34 mm/día como se puede apreciar en la tabla 3.4

TABLA 3.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL PASTO DE LA FINCA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Eto	2.49	2.77	3.34	2.98	2.98	2.91	3.03	3.11	2.98	2.74	2.41	2.33
Kc	0	0	0	0.53	1.01	1.15	0.90	0.16	0.66	0.99	1.11	0.87
ET_c	0	0	0	1.57	2.91	3.34	2.72	0.49	1.96	2.71	2.67	2.02

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

$$Fr_{max} = \frac{17.4048 \text{ cm}}{3.34}$$

$$Fr_{max} = 5.20 \text{ días}$$

La frecuencia de riego máximo determinado es de 5 días.

3.7.7. Frecuencia de riego (Fr)

Debido a que la frecuencia de riesgo de pasto que se asume para el diseño deberá ser menor o igual a la frecuencia máxima. Para el estudio se asume una frecuencia de pasto de 5 días, es decir:

$$Fr = 7 \text{ días}$$

3.7.8. Lamina neta de riego

Para determinar la lámina neta de riego utilizamos la Ec. 1.6, de la siguiente manera.

$$\text{dnr} = \text{Fr} * \text{Etc} \quad \text{Ec. 1.6.}$$

Para el estudio se toma en cuenta la frecuencia de riesgo asumida de 5 días (Fr = 4 días) con el fin de suministrar el agua necesaria para el periodo máximo de demanda, es decir el mes de junio donde existe mayor evapotranspiración.

La lámina neta de riesgo es: (ver tabla 3.7)

$$\text{dnr} = 7 \text{ días} * 3,34\text{mm/día} = 13,38\text{mm}$$

3.7.9. Lamina bruta de pasto.

Es la cantidad de agua que realmente se va aplicar considerando la eficiencia del sistema de pasto. Lamina bruta de pasto se calcula por la Ec 1.7.

$$db = \frac{dn}{Ef} \quad \text{Ec. 1.7.}$$

La eficiencia de pasto se obtuvo en función del viento, la lámina de agua a aplicar y el vapor de evapotranspiración, obteniendo un valor de eficiencia del 68% por lo que la lámina bruta es:

$$db = 24.55\text{mm}$$

En la tabla 3.5 se muestra un resumen de los valores obtenidos en el diseño agronómico.

Tabla 3.5. RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONÓMICO

Lamina almacenable (mm)	43,52
Umbral de pasto (%)	40
Lamina neta (mm)	17,40
Frecuencia de pasto (días)	5
Evapotranspiración máxima (mm/d)	3,34
Lamina neta de pasto (mm)	16,7
Eficiencia de pasto (%)	68
Lamina bruta (mm)	24,55

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y **Reinoso** Campaña, J.L.

3.8. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE PASTO

3.8.1. TRAZADO Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El trazado del sistema se aprecia en el plano “A”, el cual contiene la aducción y el sistema de pasto de la parcela seleccionada.

El sistema de pasto seleccionado es el tipo fijo, con tuberías laterales, secundarias y principales todas de polietileno.

La tubería secundaria se trazó en el sentido de la pendiente del terreno permitiendo de esta manera localizar las tuberías laterales a lo largo de las curvas del nivel.

3.8.2. Selección del aspersor

El aspersor es el componente del sistema que aplica el agua al suelo. El tamaño del área mojada de un aspersor en función de la presión de trabajo del mismo, del tipo de aspersor del ángulo y del diámetro de las boquillas.

La selección del aspersor se realizó en función de la presión de trabajo y del espaciamiento que debe existir entre los aspersores y los laterales, comprobando las especificaciones del fabricante.

En la tabla 3.6 se indican las características del aspersor seleccionado.

Tabla 3.6. CARACTERÍSTICAS DEL ASPERSOR Y TUBERÍA

Modelo	PVC cedula 40
Presión de operación	28,1 mca
Caudal	1,6m ³ /h
Diámetro de la boquilla	4,36*2,38mm

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

3.8.3. Separación entre aspersores y laterales

La separación entre laterales y aspersores se asume en función de obtener una uniformidad de riesgo adecuada.

El viento modifica el comportamiento del regado, además la separación de los aspersores no debe ser mayor que la de los laterales.

La separación entre laterales y aspersores se puede determinar a través de las ecuaciones 1.8 y 1.9.

$$S_a = K_a \cdot D_m \quad \text{Ec. 1.8.}$$

$$S_l = K_l \cdot D_m \quad \text{Ec. 1.9.}$$

$$S_a = 0,50 \cdot 14,5 = 7,25 \text{ se asume } 8\text{m}$$

$$S_l = 0,65 \cdot 14,5,6 = 17,94 \text{ se asume } 9\text{m}$$

Los valores de K_a y K_l se presentan en la tabla 3.7 en función del viento promedio de la zona.

Tabla 3.7. ESPACIAMIENTO DE LATERALES

Velocidad del Viento		Espaciamiento máximo entre laterales y aspersores		Tabla de precipitaciones
Km/h	m/s	K_l	K_a	Litros/m ²
0-13.32	0 – 3,7	0.65	0.50	123.5 l/h
13.32 -21.6	3,7-6.0	0.65	0.40	248 l/h
32.04 -43.20	8.9-12	0.60	0.40	300 l/h
68.4	19	0.50	0.30	500 l/h

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

Para el estudio, se asumió un viento moderado de 8 km/h aproximadamente, el espaciamiento máximo entre aspersores y laterales es de 65% de diámetro de mojado del aspersor. Este se calcula mediante las ecuaciones 1.8 y 1.9.

$S_a = 8\text{m}$

$S_l = 18\text{m}$.

De acuerdo a los resultados obtenidos se decidió asumir una separación entre aspersores y laterales de 8x 18m

3.8.4. Intensidad de aplicación

La intensidad de aplicación de agua por el aspersor es un parámetro importante a considerar en el diseño del riesgo por aspersión, la intensidad de aplicación se calcula mediante la Ec. 1.10.

$$Lap = \frac{qa}{Sa*Sl} \quad \text{Ec. 1.10.}$$

Para este caso:

$Lap = 0,74\text{mm/h}$

El valor de la intensidad de aplicación obtenida es de 0,74 mm/h, el cual es menor a la infiltración básica que es de 35,0 mm/h

3.8.5. Tiempo de Riesgo

Se refiere al tiempo que debe permanecer cada lateral regando en su posición, y este se calcula mediante la Ec 1.11.

$$Tr = \frac{db}{lap} \quad \text{Ec. 1.11.}$$

En nuestro caso:

$Tr = 3,5 \text{ horas}$

3.9. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

En la siguiente tabla se muestra todos los datos del sistema de riego tecnificado, así:

TABLA 3.8. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

Tipo de sistema	Móvil
Separación entre laterales (m)	30
<i>Separación entre aspersores (m)</i>	8
Intensidad de aplicación (mm/h)	0.74
Tiempo de riesgo (horas)	3.5
Tiempo de operación (horas)	10
Días de riesgo	30
Número de sistemas (1) Ramal 1 Ramal 2 Ramal 3 (sujeto a cambios climáticos) Ramal 4 Ramal 5	6 días Cada Ramal
Numero de laterales trabajando simultáneamente	2 (Sujeto a la presión por gravedad)

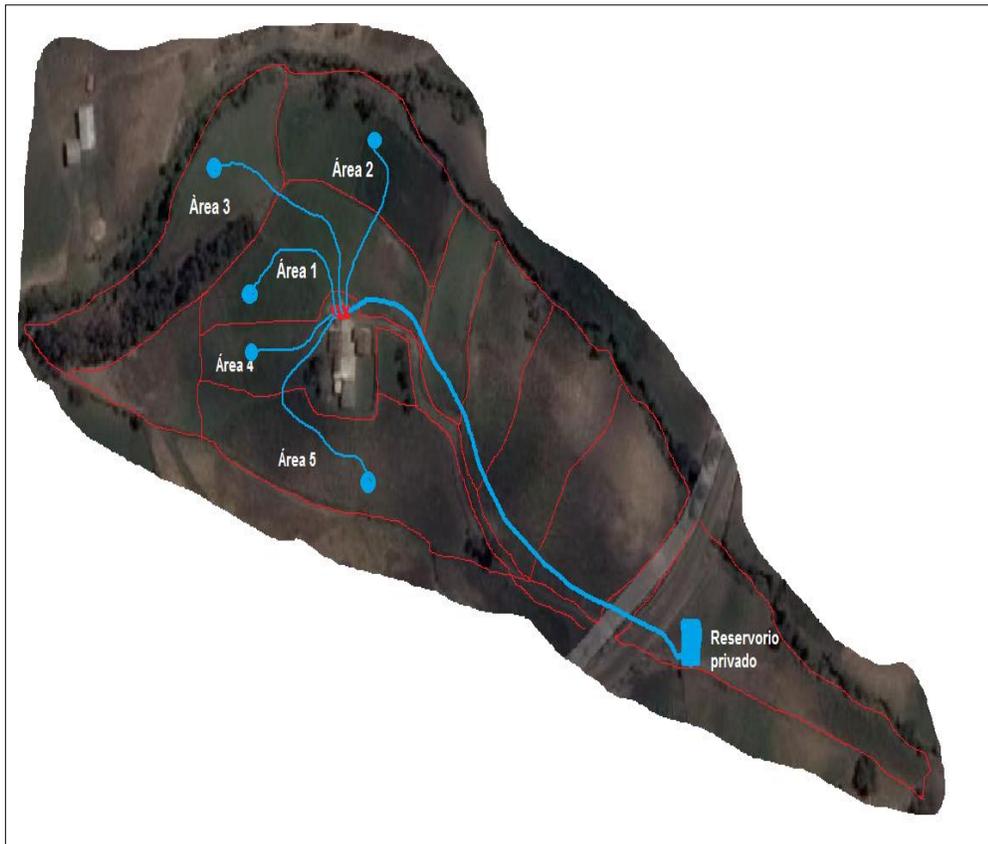
Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

3.10. DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño del equipo de riego considera aspectos técnicos y económicos de manera de optimizar los costos del sistema.

El diseño hidráulico consiste en la selección de diámetros de las tuberías, de los aspersores y accesorios complementarios, todo esto en función de obtener una uniformidad de riesgo adecuada. Todos los elementos de este sistema serán móviles. Como se puede observar en la figura 3.1.

FIGURA 3.1. DISEÑO HIDRÁULICO



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

El área en el cual el sistema va a ser implementado tiene una pendiente muy irregular, es decir que trabajara con su propia presión por los diferentes desniveles que existe desde el reservorio hasta los puntos finales de riego.

3.11. Pérdidas en el sistema por fricción en la manguera y accesorios

Para realizar una buena selección debe tener en cuenta ciertos datos dependiendo de la ubicación en donde se vaya a montar el sistema, se debe tomar en cuenta datos como temperatura, altitud, presión que se muestran en la tabla 3.9 de la ciudad de Latacunga, (Finca San Nicolás).

TABLA 3.9. Datos de Latacunga

Magnitudes	Datos/Latacunga
Presión	540 mm de Hg
Altitud	3000 msnm
Temperatura	9°C – 16°C
Humedad	74 H

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

Primero se debe calcular la carga total que se tendrá en el reservorio a para así poder saber cuál es la presión necesaria de la misma.

La fórmula para calcular la carga total que tendrá el sistema es la Ec. 1.12.

$$h_a = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_L \quad \text{Ec. 1.12.}$$

P_1 y $P_2 = 0$ Estanques abiertos

$Z_1 = 0$ Nivel de referencia

V_1 y $v_2 = 0$

Por lo tanto, la Ec. 1.13:

$$h_a = z_2 + h_L \quad \text{Ec. 1.13}$$

Donde:

$$z_2 = 1.9 \text{ m}$$

3.11.1. Cálculo de pérdidas en el sistema (h_L)

$$h_{L1} = K \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 1.14.}$$

Para las pérdidas en los accesorios debemos ver la tabla 3.a en el anexo 1

3.11.1.1. Accesorios Tubería de succión PVC

Válvula de pie K1= 420ft

Acople roscado K2=30f

Acople roscado K3=30f

3.11.1.2. En tubería de descarga PVC

Acople roscado K4=30f

Codo de 2 pulgadas K5=30ft

Codo de 2 pulgadas K6=30ft

Codo de 2 pulgadas K7=30ft

Codo de 2 pulgadas k8=30 ft

Codo de 2 pulgadas k9= 30 ft

Ft= 0.019 (Valor de tabla 2.a ver en el anexo 1).

K1= 450*0.019= 8.55

K2= 30*0.019=0.57

Kt= K1+K2

Kt= 8.55+0.57

Kt= 9.12

$$v = \frac{Q}{A}$$

Ec. 1.15.

$$A = 2.168 * 10^{-3}$$

$$Q = 200l/m$$

$$v1 = \frac{200}{2.168 * 10^{-3}} * \frac{l \frac{m}{s}}{60.000 \frac{l}{min}}$$

$$v1 = 1.53 \frac{m}{s}$$

$$h_{L1} = K \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{l1'} = 15.58 \frac{1.53^2}{2(9.81)}$$

$$h_{l1'} = 1.89$$

ft = Para tubería de 2 Pulgadas PVC

$D_{INTERNO} = 2''$ - espesor de pared ver en el anexo 1 (tabla 4.a)

$$D_{INTERNO} = 2 \times (2.54) \text{ mm} - 3.91 \text{ mm} = 0.117 \text{ m}$$

$$D_{INTERNO} = 0.117 \text{ m}$$

$$\epsilon = 3.0 \times 10^{-7}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 39000$$

$$ft = 0.009$$

$$K4 = 340ft = 340 * 0.009 = 3.6$$

$$K5 = 30ft = 30 * 0.009 = 0.027$$

$$K4 + K5 = 3.627$$

$$h_{l1''} = 3.627 \frac{0.027^2}{2(9.81)}$$

$$h_{l1''} = 0.01$$

Ft = Para tubería de 2 pulgadas

Cálculo de v_2

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2$$

$D_2 = 2 \text{ pulgadas} - \text{espesor}$ (ver tabla 5. a en el anexo 1)

$$D_2 = 50.8 \text{ mm} - 3.91 \text{ mm} = 46.89 \text{ mm} = 0.0468 \text{ m}$$

$$A_2 = \frac{\pi * D_2^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi * 0.0468^2}{4}$$

$$A2 = 0.0017m^2$$

$$v2 = \frac{A1 * v1}{A2}$$

$$v2 = \frac{2.168 \times 10^{-3} m^2 * 1.53 \frac{m}{s}}{0.0017 m}$$

$$v2 = 1.95 \frac{m}{s}$$

$$D \text{ interno} = 0.0468m$$

$$\varepsilon = 3.0 \times 10^{-7} \text{ Ver dato en anexo I (tabla 6.a)}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1.56 \times 10^{-9}$$

$$ft = 0.0099$$

$$K6 = 30 * 0.0098 = 0.294$$

$$K7 = 30 * 0.0099 = 0.297$$

$$hl''' = 0.294 \frac{1.53^2}{2(9.81)} = 0.035$$

$$hl'''' = 0.297 \frac{1.53^2}{2(9.81)} = 0.023$$

$$hL1 = h' + h'' + h''' + h''''$$

$$hL1 = 1.96m$$

3.11.2. Cálculo de pérdidas en la tubería (h_{L2})

$$N_R = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. 1.16.}$$

$$N_R = \frac{1.53 \frac{m}{s} * 0.026}{1.15 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2}$$

$$N_R = 34411$$

Con el número de Reynolds mayor a 4000 se concluye que hay flujo turbulento, Cálculo de rugosidad relativa se ocupó la tabla 6.a para calcular rugosidad (ϵ) ver en el anexo 1.

$$\epsilon = 3.0 \times 10^{-7} \text{ (Valor de rugosidad Tabla 6.a) anexo 1}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.0265}{3.0 \times 10^{-7}}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 576.08$$

Cálculo de coeficientes de fricción ver en anexo 1 (Tabla 2.a = 0.019)

$$h_{L2} = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde $\left(\frac{V^2}{2g} \right)$ (Carga de velocidad)

$$\left(\frac{V^2}{2g} \right) = \frac{(1.53 \text{ m/s})^2}{2(9.81) \text{ m/s}^2}$$

$$\left(\frac{V^2}{2g} \right) = 0.0265$$

$$h'_{L2} = 0.019 (1.1/0.0265) (0.00265)$$

$$h'_{L2} = 0.00209 \text{ m}$$

3.11.2.1. Tubería PVC

Cálculo de Número de Reynolds

$$N_R = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. 1.16}$$

$$N_R = \frac{1.95 \frac{m}{s} * 0.0468}{1.15 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2}$$

$$N_R = 793.52$$

Con el Número de Reynolds mayor a 4000 se concluye que hay flujo turbulento
Cálculo de Rugosidad relativa se utilizó la tabla 6.a para calcular rugosidad (ϵ)
ver en el anexo 1.

$$\epsilon = 3.0 \times 10^{-7}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.0468}{3.0 \times 10^{-7}}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 1560$$

Cálculo de coeficientes de fricción

$$h_{L2} = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde $\left(\frac{V^2}{2g} \right)$ (Carga de velocidad)

$$\left(\frac{V^2}{2g} \right) = \frac{(1.95 \text{ m/s})^2}{2(9.81) \text{ m/s}^2} = 0.193$$

$$h''_{L2} = 0.133$$

$$h_{L21'} + h_{L21''}$$

$$h_{L2} = 0.00209 + 0.1333$$

$$h_{L2} = 0.13539$$

$$h_{total} = h_{L1} + h_{L2}$$

$$h_{total} = 1.96 + 0.13539$$

$$h_{total} = 2.09539$$

$$h_a = z_2 + h_{total}$$

$$h_a = 18.7 + 2.095 = 20.79$$

$$h_a = 20.79 \text{ 89(Carga sobre la Manguera)}$$

TABLA 3.10. DISEÑO DEL LATERAL MÁS CRÍTICO DEL SECTOR 01

Longitud (m)	67
Número de Aspersores	5
Q (m ³ /h)	9.6
Diámetro Nominal (Pulgadas)	2
Diámetro Interno (mm)	50
H _{fm} (m)	5.62
H _f (m)	1.09
Pe (m)	30.3

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

3.12. Diseño de la tubería secundaria

Como se puede apreciar en el plano (Anexo III) tener en cuenta con lo mismo en la hoja anterior la tubería secundaria ya existe y está colocada enterrada en el terreno, en sentido de la máxima pendiente, con un desnivel a favor de 11m dentro de la parcela (Sector 01).

El material de la tubería secundaria será de polietileno de alta densidad (PEAD) y su diámetro de 3 pulgadas.

Se realizara el cálculo del diámetro del mismo para comprobar que se puede usar la tubería ya existente.

3.12.1. Perdidas de carga por fricción en la tubería secundaria.

En base a la **Ec. 1.17** de Hazen-Willian, determinaremos la pérdida de carga por fricción.

$$H_{fs} = 1,131 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{Q_L}{C}\right)^{1.852} \cdot L \cdot D^{-4.872} \quad \text{Ec. 1.17}$$

En vista que el sistema 1 funcionará simultáneamente dos laterales en cada turno de pasto el caudal de la secundaria (Qs) es:

$$Q_s = Q_I \cdot N_I \quad \text{Ec. 1.18}$$

$$Q_s = 1,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 12 = 19,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_s = 0,0053 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para el cálculo del diámetro mínimo se realizó mediante la **Ec. 1.19**.

$$D_{min} = \frac{\sqrt{4 \cdot 0,00533}}{\pi \cdot 2} \quad \text{Ec. 1.19}$$

$$D_{min} = 0,058 \text{ m} = 58 \text{ mm}, \text{ se asume tubería de } 75 \text{ mm} = 3 \text{ pulgadas}$$

Las pérdidas de entrada en el secundario hfs se calculó por medio de la **Ec. 1.20**.

$$H_{fs} = 1,131 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{Q_s}{C}\right)^{1.852} \cdot L_S \cdot D_{min}^{-4.872} \quad \text{Ec. 1.20}$$

$$H_{fs} = 4.36 \text{ m}$$

Assumiendo un 10% de perdidas menores:

$$H_{fs} = 1,10 \cdot 4,36$$

$$H_{fs} = 4,796 \text{ m}$$

3.12.2. Presión de entrada al secundario

Inicialmente se considera que la presión mínima en el secundario se produce al final del mismo, en este caso la presión de entrada al secundario se calcula mediante la **Ec. 1.21**.

$$P_s = P_e + h_{fs} \pm \Delta z_{sec} \quad \text{Ec. 1.21}$$

$$P_s = 24,096 \text{ m}$$

Como la presión de entrada al secundario resulta menor que la presión de entrada al lateral entonces la posición más crítica del lateral no se encuentra al final si no al principio del secundario.

Esto es debido a que las ganancias de energía por pendiente son mayores que las pérdidas por fricción, en este caso la presión mínima estará a la entrada del secundario, por lo tanto:

$$\text{Si } P_s < P_e \quad P_s = P_e$$

$$P_s = 24,096 \text{ m}$$

TABLA 3.11. DISEÑO DE LA TUBERÍA SECUNDARIA

Longitud (m)	207
Qs (m ³ /h)	19.20
Diámetro Nominal (pulgadas)	3
Diámetro Interno (mm)	75
Velocidad (m/s)	1.20
Hf (m)	4.796
Desnivel (m)	11
Ps (m)	24.096

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

3.13. RESUMEN DE EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos y accesorios utilizados en el sistema de riego automático son los que se mencionan en la tabla 3.12.

TABLA 3.12. DETALLE DE EQUIPOS

ELEMENTOS DEL SISTEMA AUTOMATICO DE RIEGO	
Equipos y accesorios	Cantidad
Electroválvula 2"	1
Electroválvula 1"	5
Válvula manual 1"	5
Válvula manual 2"	1
Te de pvc 1"	14
Codos de pvc 1"	16
Acople pagable roscable	20
Acople macho pvc	5
Tubo pvc 2"	2 m
Aspersores	5
PLC	1
Sensor de humedad	5
Sensor de temperatura	1
Transformador 110ac/24dc	1
Breakers	2
Batería 5V	1
Borneras de conexión	22
Módulo de entradas análogo	1 x 8 in
Tubería	280 m

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M.
Reinoso Campaña, J.L.

CONCLUSIONES

- Se optimizaron los tiempos de riego, puesto que para regar un área de 10 m^2 se requería alrededor de una media hora con las condiciones requeridas para el pasto, mientras que con el sistema automático se requiere alrededor de 15 a 20 minutos.
- El método de riego por aspersión tiene mayor precisión en un 80%, que el de inundación que acapara solo el 35%, con el primero las pérdidas son menores, por lo que la eficiencia del riego es mejor.
- De acuerdo a la presión existente en la salida del aspersor, se obtuvo un mayor radio de aspersión de 18 metros de diámetro, para cada sector.
- La utilización de sistema automático de riego, permite el incremento de producción de pasto en 13 kg sobre un área de 1 m^2 y consumiendo 25lt en esta área. Determinando que la producción sin el sistema de riego era de 10 kg en dicha área, con un consumo de 75lt.
- Mediante la optimización del recurso hídrico se está logrando producir el doble de pasto, lo cual brinda un porcentaje de 130, como aumento de producción.

RECOMENDACIONES

- Independientemente de donde se realice la implementación tomar en cuenta la ubicación de los equipos por la presencia de humedad.
- Utilizar el cableado adecuado para las conexiones con los diferentes elementos de control.
- Ubicar los elementos en un orden adecuado; elementos de control en la parte superior y elementos de potencia en la parte inferior.
- Tomar en cuenta el data-shif de los elementos, por que puede generar calor, si es necesario a parte de la placa aislante, colocar ventiladores.
- Utilizar los filtros adecuados, debido a que se pueden obstruir las electroválvulas con impurezas.
- Aprovechar al máximo el riego nocturno al tener: menores perdidas por evaporación.

BIBLIOGRAFÍA

Citada

- Análisis y Plan Estratégico Territorial y de Aguas, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA.
- CAÑAR GONZAGA, Víctor Manuel, que realizaron el proyecto de tesis titulado “Estudio de Factibilidad de un Sistema de Riego por Aspersión para el cultivo de Pasto en la Hacienda de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 Patria”.
- CARRASCO. A., en su libro “Manual de Usuario Electrical Valve” Netafim Acuanet México, febrero 2009.
- CASTRO, Carlos Mario, en su libro “Pasos Preliminares Para el diseño de Sistemas de Riego”, febrero 2009.
- Constitución Política de la República del Ecuador, 2008.
- FUENTEELSAZ Felipe, PEITEADO Celsa y otros en su libro “MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO”, octubre 2009, España.
- GUAMÁN GUAMÁN, Diego Armando, que realizó el proyecto de tesis titulado “Sistema de Riego por Aspersión para el Cultivo Artesanal de Mora”, en el año 2014.
- GUERRA MOSCOSO, Miguel Andrés (2009), que realizó el proyecto de tesis titulado “Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión”.
- HERNANDEZ RODRIGUEZ, Carlos (2008, 1ra Ed.), en su libro Energías Renovables y Eficiencia Energética, Instituto Tecnológico de Canarias.
- HINOJOZA, Carlos, en su libro, “Manual de Cultivos del MAGAP, Agro Ecuador” 2016.

- KELLER; J., en su Manual de Diseño de Sistema de Riego por Aspersión y Goteo Utah U.S.A. 1983.
- MaxBotix, MaxSonar Ez1nare trademark of MaxBotix inc EZ1™ ,Octubre 2010.
- PALLAS, Areny Ramón, en su libro “Sensores y Acondicionadores de Señal” 1Ed, 2007.
- Plan Provincial de Riego y Drenaje 2014-2027, GOBIERNO AUTÓNOMO DESENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.
- RAMOS RAMOS, Marco Patricio y BÁEZ RIVERA, Darío Francisco (2013), que realizaron la tesis titulada “Diseño y Construcción de un Sistema de Riego por Aspersión en una Parcela Demostrativa de Cantón Cevallos”.
- ROMERO, Diego. Introducción a las aplicaciones Industriales del Procesamiento Digital de datos.1Ed, 2011
- Soil Moisture Sensor Division, Características de Sensores, United States of America.
- VALENCIA GUTIERREZ, Ernesto, en su libro, “Manual de Manejo de Parcelas en Pastoreo” 2012.

Consultada

- BERNAL, C. A. (2006). Metodología de la Investigación. México: Pearson Educación.
- CAÑAR GONZAGA, Víctor Manuel, que realizaron el proyecto de tesis titulado “Estudio de Factibilidad de un Sistema de Riego por Aspersión para el cultivo de Pasto en la Hacienda de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 Patria”.
- CARRASCO. A., en su libro “Manual de Usuario Electrical Valve” Netafim Acuanet México, febrero 2009.
- FUENTELESAZ Felipe, PEITEADO Celsa y otros en su libro “MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO”, octubre 2009, España
- GUAMÁN GUAMÁN, Diego Armando, que realizó el proyecto de tesis titulado “Sistema de Riego por Aspersión para el Cultivo Artesanal de Mora”, en el año 2014.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2006). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana.
- KELLER; J., en su Manual de Diseño de Sistema de Riego por Aspersión y Goteo Utah U.S.A. 1983.
- LEIVA ZEA, F. (2008). Nociones de Metodología de Investigación Científica. Quito: Grupo Leer.
- ROLDÁN VILORIA, José. (2008), Energías Renovables.
- VALENCIA GUTIERREZ, Ernesto, en su libro, “Manual de Manejo de Parcelas en Pastoreo” 2012.

Linkografía

- Gráfico sistema de aspersión; <http://www.losandes.com.ar/jpg> (2015)
- Gráfico tubería para riego; <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola> (2014)
- Gráfico partes de un aspersor; <http://sitio.plastigama.com/riego-por-aspersion> (2015)
- Gráfico partes de un aspersor; <http://sitio.plastigama.com/riego-por-aspersion> (2016)
- Gráfico funciones de un HMI; http://www.ditel.es/hojas/es/ARGOS_ES_PDF (2016)
- Gráfico function plc ;<http://es.scribd.com/curso-PLC-TOSHIBA> (2016)
- SISTEMAS DE RIEGO; <http://www.civiagro.com/> (2016)
- HIDROLOGÍA, I; <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Sistemas de riego; <Http://Support@Iteadstudio.Com>
- Catálogo sistemas de riego; <http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Aspersores o emisores: Es un sistema de riego en el que el agua se aplica en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de se infiltre en el mismo punto donde cae.

Automatización: Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

B

Baja tensión: Se denomina tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área

Bombas hidráulicas: Es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve.

Boquillas: Se llama boquillas a todos los tubos adicionales de pequeña longitud constituidos por piezas tubulares adaptadas a los orificios se emplean para dirigir el chorro líquido.

C

Cañerías: Conducto o tubería por donde circulan o se distribuyen las aguas o el gas

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

Caudalímetro: Es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico.

Contactor: Interruptor automático que sirve para restablecer los enlaces entre distintos circuitos o aparatos eléctricos.

E

Energía hidroeléctrica: Es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento.

Escorrentía: Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

Esparcir: Separar o extender lo que está junto o amontonado.

F

Fluido: Que es de consistencia blanda, como el agua o el aceite, y fluye, corre o se adapta con facilidad.

Funcionalidad Ladder: Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés.

H

Hídrico: Son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas.

Hidrodinámicas: Es la dinámica del agua ya que estudia sus movimientos hidráulicos y las fuerzas con las que se ejerce.

I

Infiltración: Es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

Irrigar: Regar o esparcir agua sobre la tierra o sobre una planta para beneficiarla

L

Las juntas: Constituyen el elemento de unión tramo a tramo en las tuberías, es por tanto un elemento fundamental, de nada serviría una buena tubería, si no se

dispone de una estanqueidad total en las uniones o empalmes.

M

Medidor de ph de agua: Es una solución electroquímica personalizada para pruebas de calidad del agua que elimina las conjeturas.

P

Parcela: Parte en que se divide un terreno agrícola o urbanizado en el campo.

Planialtimétrico: Es aquella que ofrece la mayor cantidad posible de información de la superficie representada a los efectos de los proyectos de estudio, planificación y viabilidad.

PLC industrial: Controlador lógico programable.

Pluviosidad: Cantidad de lluvia que cae en un lugar y un período de tiempo determinado.

Precipitación artificial: Es la caída de agua sólida o líquida debido a la condensación del vapor sobre la superficie terrestre ya sea naturalmente o provocada por los humanos.

Presión de agua: Cuando el agua incide directamente sobre el revestimiento impermeabilizante.

Proceso erosivo: Es el resultado del impacto del agua de lluvia.

Procesos naturales: Un proceso que existe de manera natural o es producido por la naturaleza (en vez de ser causado por el ser humano).

Programadores: Escriben programas para controlar el funcionamiento interno de los ordenadores, lo que implica diseñar programas que sean eficientes, rápidos y versátiles.

R

Recursos hídricos: Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.

Red de tuberías: Están formados por tramos de tuberías y aditamentos que se alimentan aguas arriba por un depósito o una bomba y descargan aguas abajo libremente a la atmósfera o a otro depósito.

Relés auxiliares: Son elementos similares a un contactor, pero con contactos solamente auxiliares y se emplean para completar las protecciones y los circuitos automáticos de mando y control de motores eléctricos, es decir, trabajan o soportan pequeñas corrientes.

Riego tecnificado: Se refiere al uso y aprovechamiento efectivo del agua apoyándose de elementos tecnológicos.

S

Sedimentación: es la materia que, después de haber estado en suspensión en un líquido, termina en el fondo por su mayor gravedad.

Sensor: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

Sistema tecnificado: Permite la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo en forma de "gotas" y localizada con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno u óptimo.

Sistemas de desplazamiento continuo: el sistema de desplazamiento continuo es una estructura que, por medio de una fuerza de fricción, que comprende unos accionamientos configurados para girar unos piñones en dos sentidos, donde dichos piñones a su vez arrastran unas cadenas de tracción; y una cadena de

eslabones de apoyo de gran rigidez.

Sistemas estacionarios: Cuando las características del mismo no varían con el tiempo

Surcos: Es una zanja, una cuneta o un cauce que se realiza sobre un terreno.

T

Turbidez: La falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión.

V

Válvulas: Es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Z

Zona radicular: Capa del suelo que contiene raíces de plantas.

ANEXOS

ANEXO 1

Tablas de espesores de tuberías

1/4

Tabla 1.a Diámetros y espesores tubería pvc cédula 40

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EQUIVALENTE ¹⁾	RELACIÓN DIMENSIONAL ESTÁNDAR SDR ²⁾													
		SDR 41		SDR 27,6		SDR 21		SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9	
D	mm pulgadas	PRESIÓN NOMINAL PN ³⁾													
		PN 4		PN 6		PN 8		PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20	
		Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio	Espesor mínimo	Peso medio
mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m
16	3/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,10
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,14
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	0,17	2,8	0,20
32	1	-	-	-	-	-	-	2,3 ⁴⁾	0,23	2,4	0,24	3,0	0,28	3,6	0,33
40	1 1/4	-	-	-	-	2,3 ⁴⁾	0,29	2,4	0,30	3,0	0,36	3,7	0,44	4,5	0,52
50	1 1/2	-	-	2,3 ⁴⁾	0,37	2,4	0,38	3,0	0,46	3,7	0,56	4,6	0,68	5,6	0,81
63	2	-	-	2,3	0,47	3,0	0,59	3,8	0,73	4,7	0,89	5,8	1,07	7,1	1,28
75	2 1/2	-	-	2,8	0,66	3,6	0,84	4,5	1,03	5,6	1,26	6,8	1,51	8,4	1,81
90	3	2,3	0,68	3,3	0,94	4,3	1,20	5,4	1,49	6,7	1,82	8,2	2,18	10,1	2,61
110	4	2,7	0,96	4,0	1,38	5,3	1,80	6,6	2,21	8,1	2,68	10,0	3,23	12,3	3,88
125	5	3,1	1,25	4,6	1,80	6,0	2,32	7,4	2,83	9,2	3,45	11,4	4,20	14,0	5,01

Tabla 2.a Factor de fricción en tuberías de plástico

Tamaño nominal de la tubería en pulg.	Factor de fricción Ft
1/2	0.027
3/4	0.025
1	0.023
1" 1/4	0.022
1" 1/2	0.021
2"	0.019
2"1/2. 3	0.018
3"1/2. 4	0.017
5"	0.016
6"	0.015
8"-10"	0.014
12"-16"	0.013
18"-24"	0.012

Tabla 3.a Resistencia de accesorios válvulas codos acoplamientos

TIPO	Longitud equivalente en diámetros de tubería log/D
Válvula de globo abierta por completo	340
Válvula de ángulo abierta por completo	150
Válvula de compuerta abierta por compuerta	8
¾	35
½	160
¼	900
Válvula de verificación- tipo giratorio	100
Válvula de verificación- tipo bola	150
Válvula mariposa abierta por completo de 2 a 8 pulg	45
10 a 14 pulg.	35
16 a 24 pulg	25
Válvula de pie tipo disco de vástago	420
Válvula de pie tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Te estándar con flujo en el ramal	60

Tabla 4.a Dimensiones de tuberías plástica PVC cedula 40

Tamaño de tubería en pulg.	Diámetro exterior (pulg)	Diámetro exterior (mm)	Espesor de pared (pulg)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (pulg)	Diámetro Interior (pies)
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.029	0.0574
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723
3	3.500	100.9	0.216	5.49	3.068	0.2537

Tabla.5.a Espesores de Tubería PVC Según ASTM 1785

Diámetro nominal	SCH 40	(psi)	SCH 80	(psi)
½"	2.77	(600)	3.73	(850)
¾	2.87	(480)	3.91	(690)
1"	3.38	(450)	4.55	(630)
2"	3.91	(280)	5.54	(400)

Tabla 6.a. Valores de diseño de la rugosidad de tubos

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido cobre latón acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero comercial	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro cubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro no cubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

ANEXO 2

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

1/1



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ANEXO 3

**LIMPIEZA DE TERRENO Y CONSTRUCCIÓN DE
CASETA**

1/1



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ANEXO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

1/1



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ANEXO 5

INSTALACIÓN DE TABLERO ELÉCTRICO, PLC Y CONEXIONES

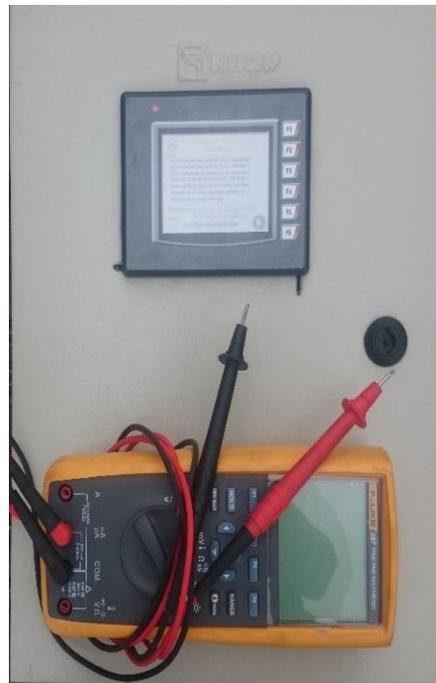
1/2



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

INSTALACIÓN DE TABLERO ELÉCTRICO, PLC Y CONEXIONES

2/2



Elaborador por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ANEXO 6

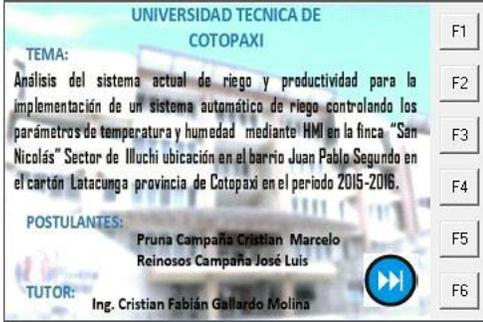
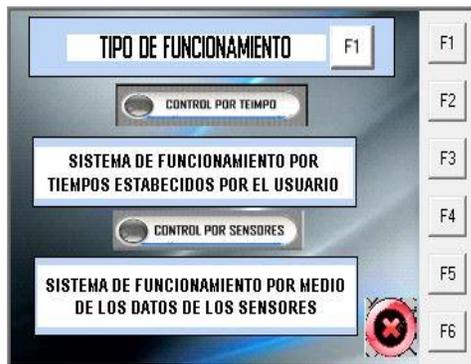
MEDICIÓN DE CAUDALES Y PRESIONES EN MANGUERAS

1/1

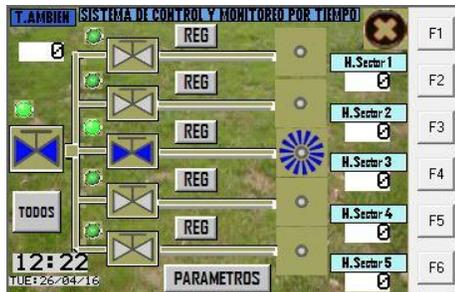


Elaborador por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ANEXO 7

VISUALIZACIÓN DE PANTALLAS, MENÚ DEL PLC		1/2
<p>Pantalla 1</p> 	<p>Pantalla 2</p> 	
<p>Pantalla 3</p> 	<p>Pantalla 4</p> 	
<p>Pantalla 5</p> 	<p>Pantalla 6</p> 	
<p>Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.</p>		

Pantalla 7



Pantalla 8



Pantalla 9



Pantalla 10



Pantalla 11

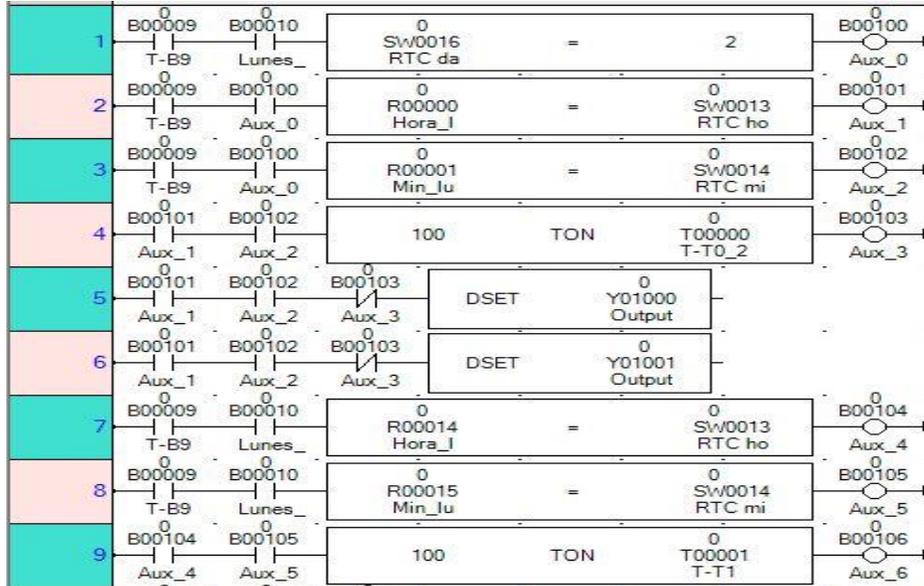


ANEXO 8

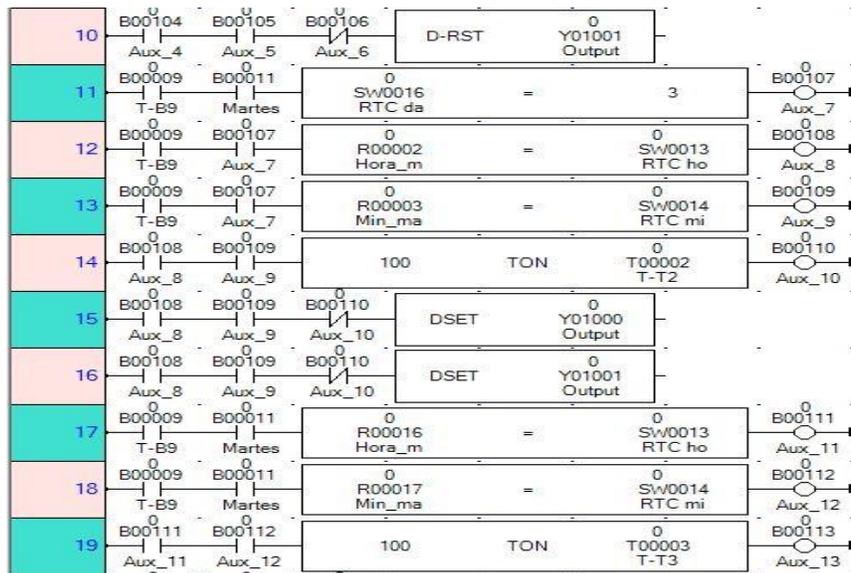
PROGRAMACIÓN DEL PLC

1/4

Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso

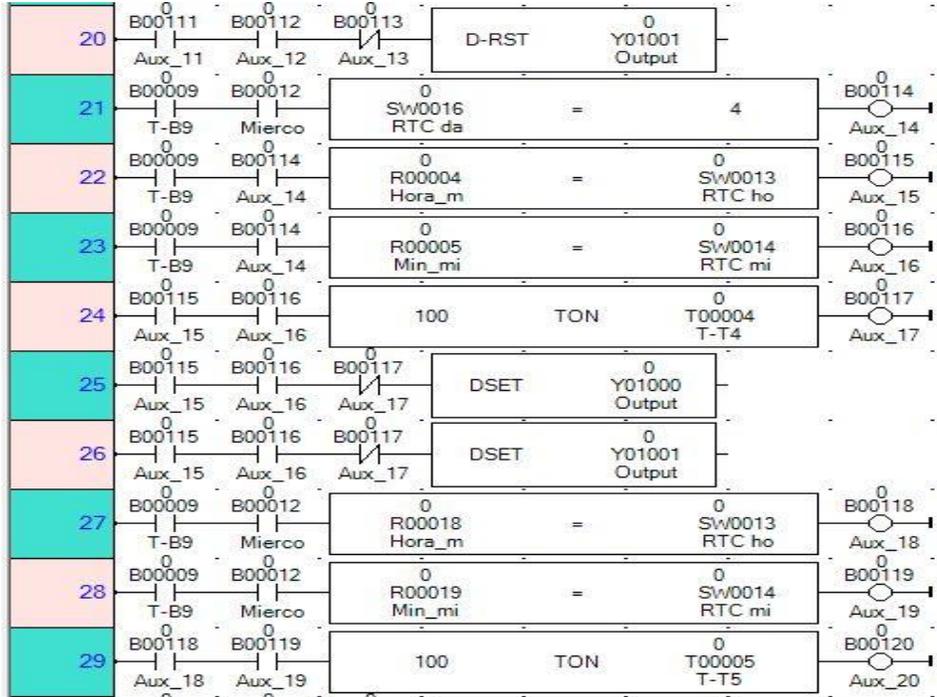


Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso

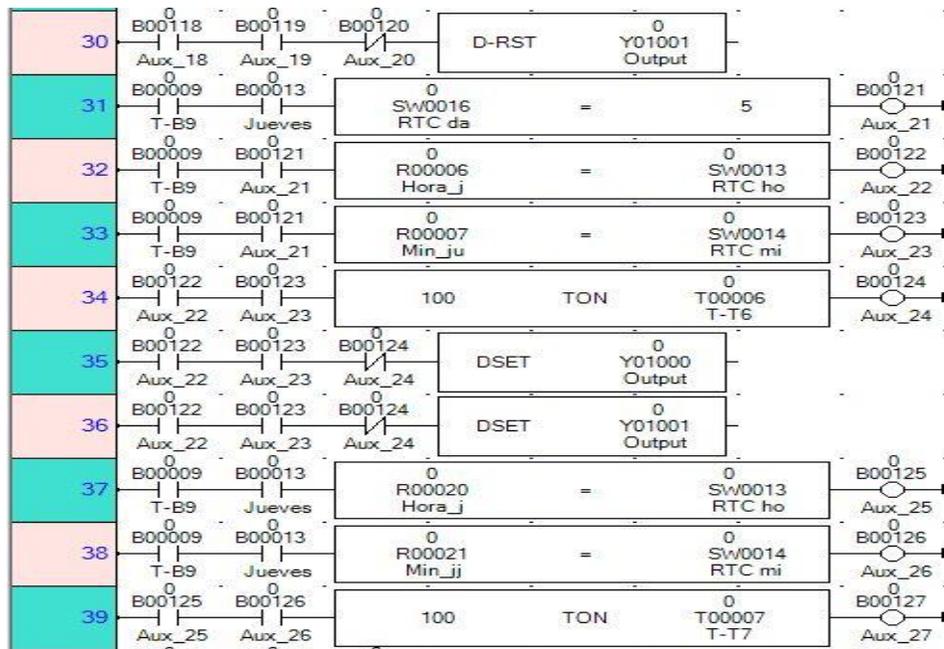


Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

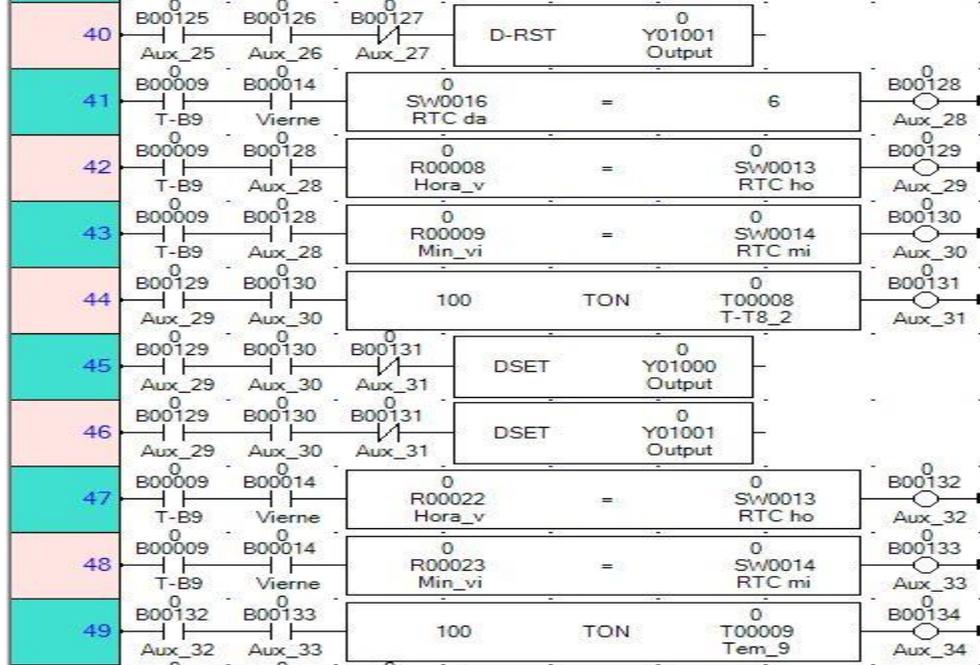
Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



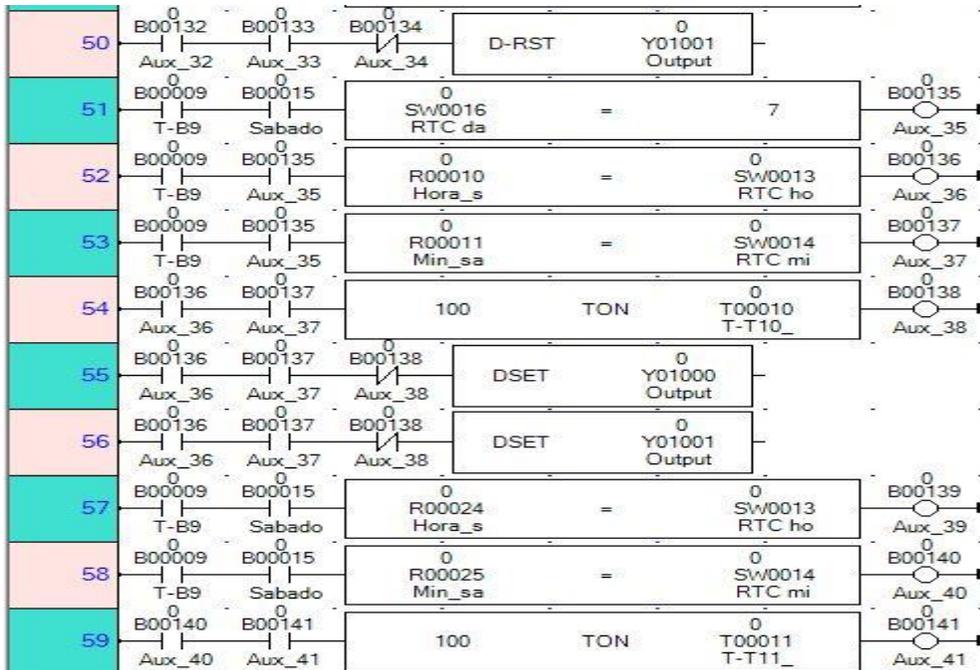
Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



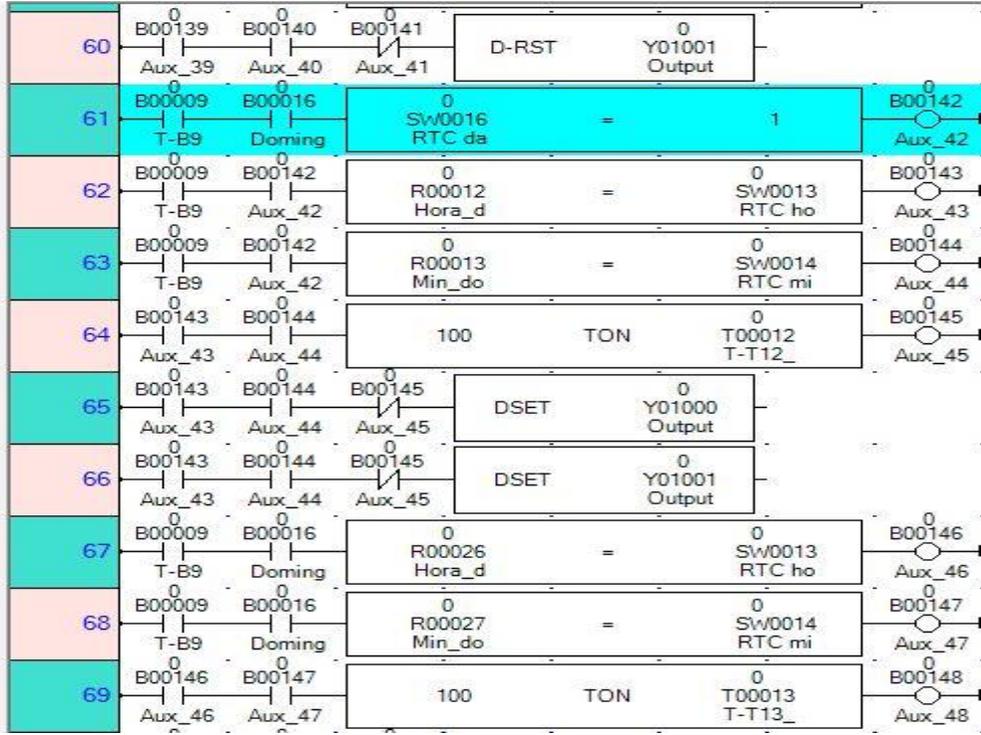
Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



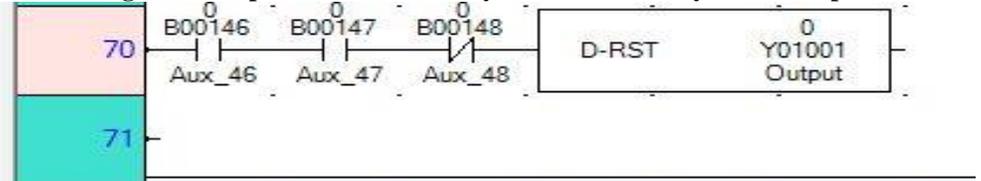
Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



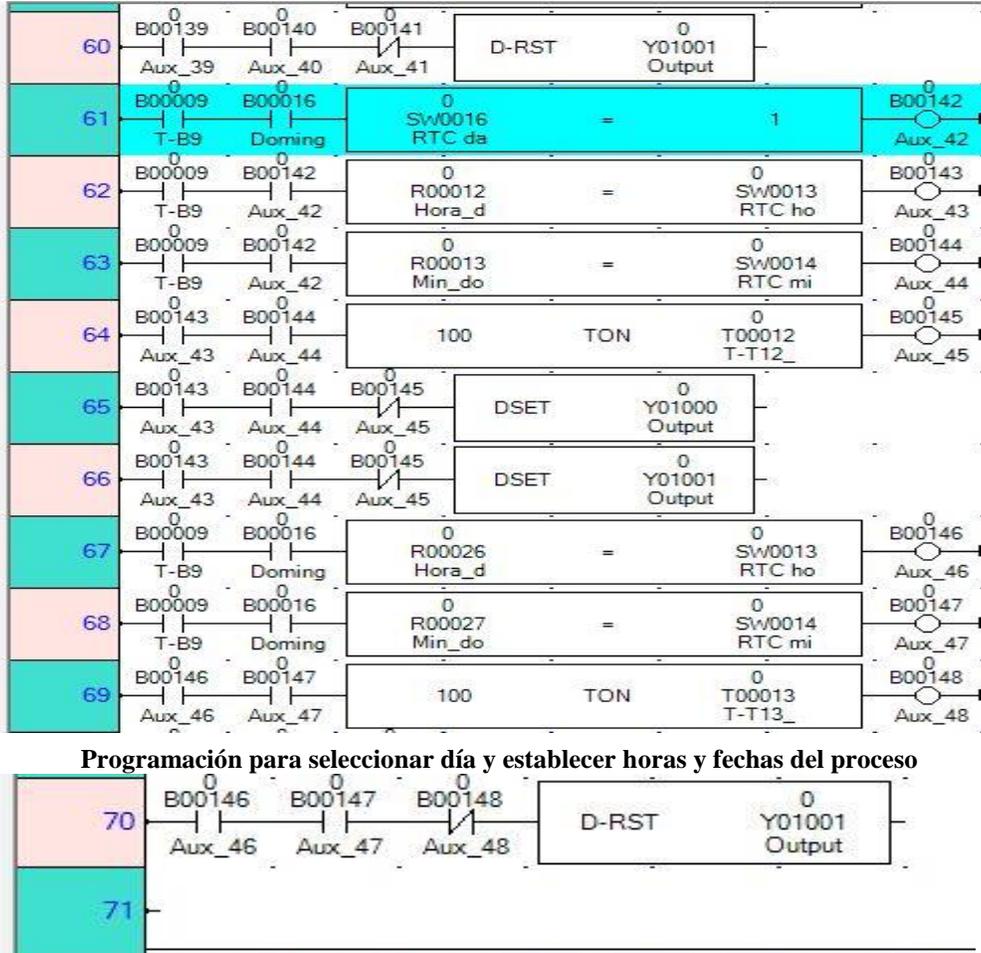
Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



Programación para seleccionar día y establecer horas y fechas del proceso



ANEXO 9

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	1/13
MANUAL DEL USUARIO	
MODELO:	
Por Favor, este manual fue realizado para el saber el funcionamiento de la máquina. Archívelo para futura aplicación de consulta.	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA.	
Verificar que todas las electroválvulas se encuentren en modo automático, y que la alimentación sea 110V.	
CONTENIDOS	
Leer este manual con atención.	
Este manual usted encontrara consejos útiles para usar apropiadamente el sistema de riego.	
INTRODUCCIÓN.	
<ul style="list-style-type: none">• Información de Seguridad.• Información de Partes.	
ANTES DE INICIAR EL SISTEMA AUTOMÁTICO.	
<ul style="list-style-type: none">• Preparación antes de comenzar el riego.• Función de cada botón.	
INSTALACIÓN	
<ul style="list-style-type: none">• Instalación.	
CUIDADO Y MANTENIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none">• Limpieza y mantenimiento.	
PROBLEMAS	
<ul style="list-style-type: none">• Problemas comunes en la máquina.	
ESPECIFICACIONES	
<ul style="list-style-type: none">• Especificaciones.	
Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.	

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD.

El manual está dividido en dos partes: Advertencia y Precaución.

Advertencias.**Símbolos de advertencias.****PELIGRO**

El símbolo de DANGER significa peligro que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.

ADVERTENCIA

El símbolo (WARNING) significa advertencia que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.

PRECAUCIÓN

El símbolo (CAUTION) significa precaución que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

ALTO VOLTAJE



El símbolo (HIGH VOLTAGE) significa alto voltaje que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.

<p>INSTALACIÓN APROPIADA</p>	<p> Precaución.</p> <p>La instalación debe estar bien realizada tomando todos los datos técnicos de instalación.</p> <p>Una instalación inapropiada puede generar fugas de electricidad que pueden ocasionar un accidente.</p>
<p>CUANDO USE LA MAQUINA</p>	<p> Precaución.</p> <p>Verificar que el interior no exista ningún tipo de elemento que pueda generar algún daño en operación al equipo.</p> <p>Verificar que este bien conectadas las alimentaciones indicadas para evitar un corto circuito.</p>
<p>CUANDO NO USE LA MAQUINA.</p>	<p> Precaución.</p> <p> No desarmar los controles sin los conocimientos adecuados o con herramientas inadecuadas.</p> <p>Puede generar descargas eléctricas.</p> <p> Verificar que los cables no estén cortados.</p> <p>Puede ocasionar un corto circuito.</p>

IDENTIFICACIÓN DE PARTES

FP4035T-E

- Pantalla Táctil 3.5" TFT Color
- 3 Slots Extensión (Para E/S Analógicas o Digitales).
- Contadores y Temporizadores Alta Velocidad
- Soporte para Entrada Cuadratura de fase y salida PWM
- Potente Editor Ladder
- Soporte para Recetas y Bitmaps de 32K colores
- Puertos de Comunicación:
 - Un puerto serie para conexión a PLC(RS232/422/485)/ Impresora/Programación.
 - Un puerto USB (device) de programación
 - Un puerto USB (host) para conectar una memoria USB
- Teclas de Función definibles por el usuario
- Data Logging, Transferencia de datos a la memoria USB
- Trending y Alarmas (Tiempo Real e Histórico)
- Soporte Multilenguaje(Unicode) con fuentes true type Windows®
- IP66, CE, RoHS compliant
- Entorno gratuito de programación FLEXISOFT para toda la gama ARGOS.

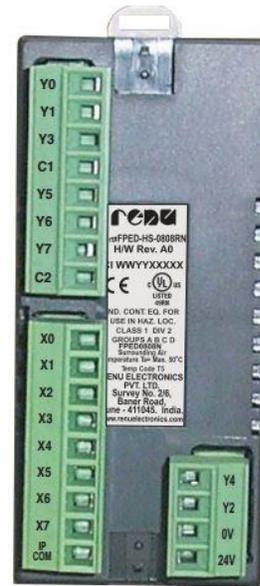
FP4035 Models



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

FPED-HS-0808RN

24V DC Digital Inputs	
Number of Inputs	8 Inputs Bi-directional Type (Within which 4 are high speed)
Input Design	According to EN 61131-2 Type 1
Minimum ON Voltage	15 VDC
Maximum ON Voltage	30 VDC
Maximum OFF Voltage	5 VDC
Minimum OFF voltage	-3 VDC
Nominal input voltage	24 VDC
Nominal input current	< 1mA
Isolation	Optically isolated from internal circuit. High isolation voltage(BV = 3KV)
Input Impedance	4.7K ohm
Turn OFF time	10msec
Turn ON time	10msec
High Speed Inputs	
Number of HS Inputs	4
High Speed Channels	X0, X5, X2, X7
Max. input frequency	25KHz
Max. input count	4294967295
Digital Outputs:	
Number of Outputs	8 (within which 6 are relay (Form A) type- 3 points per common & 2 are NPN/PNP type outputs)



FIOA-0808-L

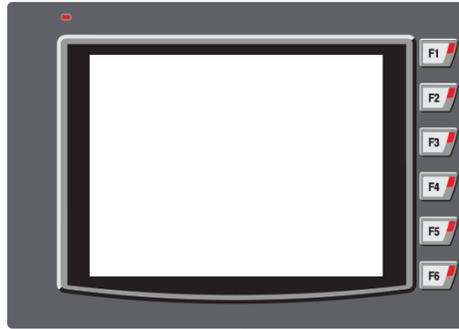
1. Power Supply: 24 VDC +/- 10%
2. Analog Inputs 8 Voltage and current inputs
(Input range: 0 to 10V and 4 to 20 mA)
3. Communication Port: 2 Wire RS-485
4. I / O Terminals: Pluggable terminals.
5. Operating Temperature: 0oC to 60oC
6. Storage Temperature: -20oC to 80oC
7. Humidity: 10% to 90% (Non condensing)
8. Mounting: DIN rail mounting
9. Dimensions (DIN rail): 70 X 100 X 35 mm

FIOA-0800-L



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

FUNCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE EL PANEL DE CONTROL



CARATULA

Información referente al tema, así como sus autores



PANTALLA PRINCIPAL DE OPERACIÓN



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

DESCRIPCIÓN DE BOTONES

1.-AYUDA. - Despliega un menú en la pantalla principal con información sobre los contenidos de las funciones del sistema.

**1.1.- FUNCIONES DE AYUDA**

F1.-Tipos De Funcionamiento. - Descripción sobre los tipos de funcionamiento del sistema de riego.



Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

Descripción de Botones:

1.- **Boton cerrar.**- Cierra la pantalla tipos de funcionamiento y retorna a la pantalla principal.

F2.-Monitor Y Control Del Proceso. - Información sobre los componentes de la pantalla de monitoreo y control de procesos

**Descripción de Botones:**

1.- **Boton cerrar.**- Cierra la pantalla tipos de funcionamiento y retorna a la pantalla principal.

F3.-CONFIGURACION DEL RELOJ.- En caso de que el reloj se encuentre establecido en una hora incorrecta o por el cambio de zonas horarias



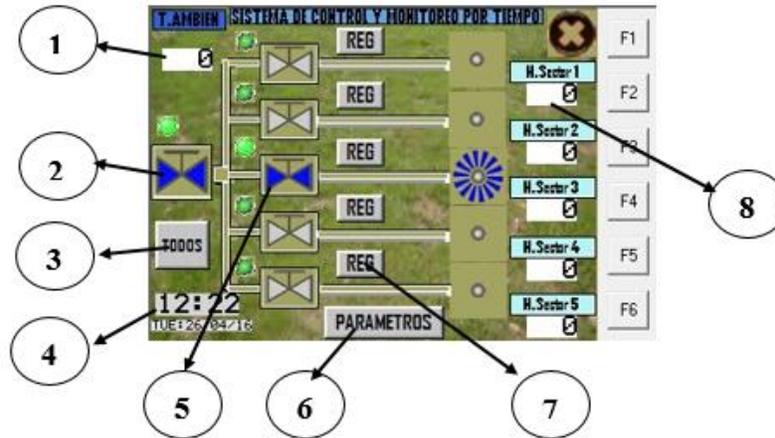
1.- **Boton (+).**- Incrementa en 1 las horas.

2.- **Boton (-).**- Decrementa en 1 las horas.

3.- **Boton (+).**- Incrementa en 1 los minutos.

4.- **Boton (-).**- Decrementa en 1 los minutos.

2.-CONTROL POR TIEMPO. - Despliega una pantalla para que el operador pueda controlar y supervisar el proceso.



Descripción de pantalla:

1.- Indicador de temperatura ambiente.

2.- Boton de encendido/apagado.- Controla el encendido y apagado de la electrovalvula madre.

3.- Boton Global.- Activa todas las electrovalvulas.

4.- Indicador de fecha y hora.

5.- Botones de encendido/apagado.- Controla el encendido y apagado independiente de cada electrovalvula.

6.- Parametros.- Despliega una pantalla para configurar los parametros de funcionamiento del sistema.



Descripción de Botones

1. Boton Configuración.-Despliga una pantalla que permite configurar los parametros de funcionamiento.



Establecer la hora en que inicie el proceso y la hora en el que se dese finalizar el proceso, así como establecer el día de funcionamiento

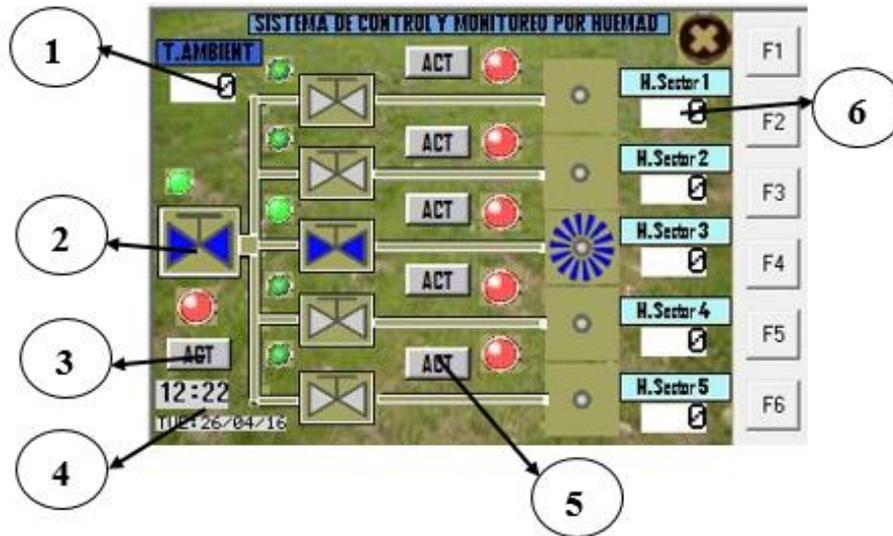
2.- Boton cerrar.- Cierra la pantalla de configuración y retorna a la pantalla de control y monitore.

7.- Boton REG.- Despliga un menu para vizualizar el dia, asi como la hora de inico y fin de proseso de cada electrovalvula.



8.- Indicador de humedad del suelo

3.-CONTROL POR TIEMPO. - Despliega una pantalla en la cual el sistema funciona por medio de los datos de la humedad del suelo.



1.- Indicador de temperatura ambiente.

2.- Indicador de encendido/apagado.- Indica el estado de la electrovalvula madre.

3.- Boton Global.- Activa todas las electrovalvulas

4.- Indicador de fecha y hora.

5.- Botones de Activado.- Controla Activado/Desactivado independiente de cada electrovalvula.

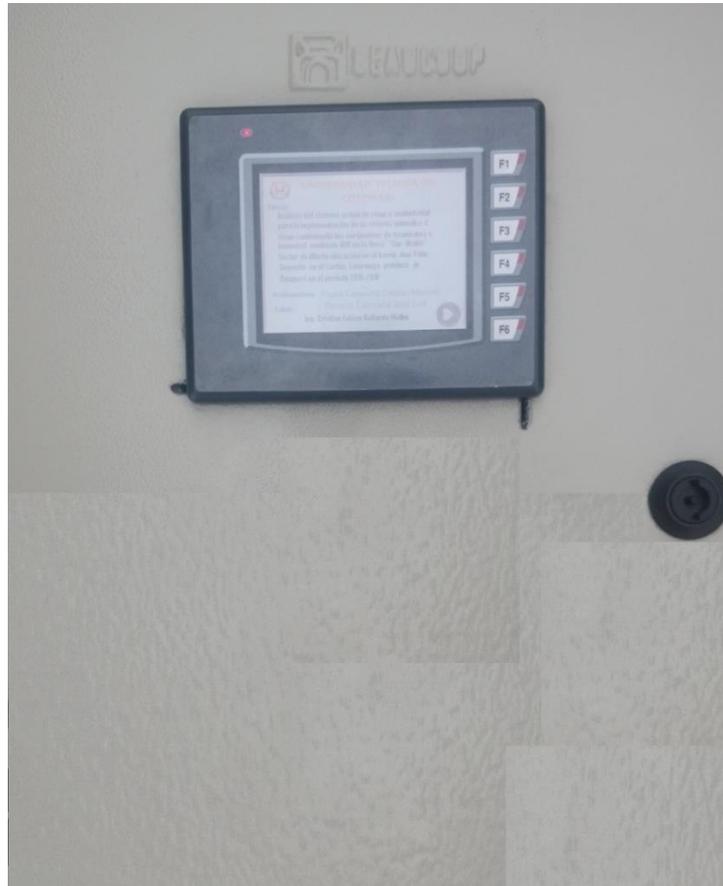
8.- Indicador de humedad del suelo.

4.-FECHA Y HORA. - Visualiza la fecha y hora actual

5.-BOTON ATRAS. - Regresa a la pantalla de caratula.

INSTALACIÓN

El tablero de control debe ser colocado en un espacio plano, firme y visible y de fácil acceso para el operador. Es recomendable colocar una protección contra humedad o aseso de agua.



CUIDADO Y MANTENIMIENTO

1. Apagar el equipo en su totalidad, revisar que no esté encendido ninguno de los mandos.
2. La carcasa de control se puede limpiar con un trapo seco.

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.

PROBLEMAS

POSIBLES PROBLEMAS	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIÓN Y MEDIDAS PREVENTIVAS
La máquina no enciende.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar alimentación. • Problemas de alimentación eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique si el fusible este en buen estado. • Verificar si los breakers estén en on.
El modulo no alcanza la presión necesaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Las electroválvulas se encuentran obstruidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar las electroválvulas en su interior.
No existe control sobre las electroválvulas.	<ul style="list-style-type: none"> • Problema en la programación del sistema. • Verificar el cableado del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reiniciar el sistema de programación. • Cambiar fusibles.

Elaborado por: Pruna Campaña, C.M. y Reinoso Campaña, J.L.