



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN SOSTENIBLE ALIMENTADO POR ENERGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA
CANCHA DE LA CARRERA MECÁNICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

JUNIOR EDUARDO CARVACHE AGUILAR

JHONY EDISON CHIMBO LLUMITAXI

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN SOSTENIBLE ALIMENTADO POR ENERGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA
CANCHA DE LA CARRERA MECÁNICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: JUNIOR EDUARDO CARVACHE AGUILAR

JHONY EDISON CHIMBO LLUMITAXI

DIRECTOR: ING. NELSON SANTIAGO CHUQUIN VASCO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Junior Eduardo Carvache Aguilar; Jhony Edison Chimbo Lluitaxi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Junior Eduardo Carvache Aguilar y Jhony Edison Chimbo Llumitaxi, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de abril 2024



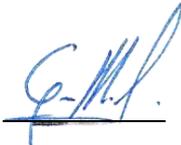
Junior Eduardo Carvache Aguilar
085006451-0



Jhony Edison Chimbo Llumitaxi
025000610-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SOSTENIBLE ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA CANCHA DE LA CARRERA MECÁNICA.**”, realizado por los señores **JUNIOR EDUARDO CARVACHE AGUILAR Y JHONY EDISON CHIMBO LLUMITAXI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|--|--------------|
| Ing. MSc. Sócrates Miguel Aquino Arroba PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2024-12-23 |
| Ing. MSc. Nelson Santiago Chuquin Vasco DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2024-12-23 |
| Ing. MSc. Gabriel Vinicio Moreano Sánchez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2024-12-23 |

DEDICATORIA

Dedico el trabajo de titulación a quien, con su apoyo, amor incondicional y sacrificios, ha dado luz durante mi formación profesional, ha moldeado y enseñado el valor del esfuerzo, dedicación y la perseverancia, siendo mi mayor fuente de inspiración, mi querida madre, la Ing. Mirtha Lorena Aguilar Mora. De la misma manera a mis hermanos, Isaac, Mikaela, Joao y Joshua, por siempre estar a mi lado, por su comprensión, por sus palabras de ánimo y compañía incondicional en cada desafío que enfrenté. A mi querido sobrino y ahijado por ser una fuente de luz, alegría y una razón más para continuar luchando por mis sueños. A mis amigos y compañero, por su comprensión, amistad sincera y por estar presentes en los caminos difíciles y alegres, su apoyo ha sido fundamental en este camino. Comparto este logro con ustedes que es un motivo de orgullo. Mis docentes que formaron parte de mi vida estudiantil, quienes me guiaron y aportaron con sus conocimientos para poder cumplir una etapa de mi vida. Sus enseñanzas me han marcado y permitido llegar hasta aquí. Este logro es también de ustedes, con profunda gratitud y cariño.

Junior Eduardo Carvache Aguilar

Este trabajo de titulación dedico con mucho cariño a mis padres Luis Chimbo y María Llumitaxi, quienes me impulsan a ser mejor persona y profesional cada día, me ayudan a levantarme en cada caída. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio. A mi amada esposa Emperatriz Guambuquete, por todo su amor, por motivarme a seguir hacia adelante y no soltar mi mano en todo este camino. También, quiero dedicarle este trabajo a mi hijo Johao Chimbo, quien me ha motivado a continuar por mis sueños sin duda él es lo mejor que me ha pasado, y ha llegado en el momento justo para darme el último empujón que me faltaba para cumplir con esta etapa de mi vida. A mis docentes de cátedra quienes aportaron con sus conocimientos, habilidades, consejos guiaron en este camino de vida estudiantil.

Jhony Edison Chimbo Llumitaxi

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este momento tan importante en mi vida. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, y a su personal docente y administrativo, por su apoyo y valiosos consejos. A mi madre y hermanos, quienes, con su amor, apoyo incondicional y confianza en mis capacidades, son una de mis mayores fortalezas y motivación que me impulsaron a superar cada desafío. A mis amigos, por su paciencia, comprensión y compañía en los momentos de incertidumbre y logros, su apoyo fue esencial para mantenerme enfocado. Un agradecimiento especial al Ing. Nelson Chuquin, Ing. Gabriel Moreano e Ing. Geovanni Novillo por su valiosa guía y apoyo en el presente trabajo, mediante guías y consejos a lo largo de este proceso, siendo una fundamental para completar este proyecto y alcanzar este logro académico. Finalmente, quiero agradecer a todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron en este viaje, brindando su apoyo, palabras de aliento y colaboración.

Junior Eduardo Carvache Aguilar

Gracias infinitas a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro, son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos. También expreso mi gratitud a mis hermanos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico. Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título, gracias por ser parte de este viaje.

Jhony Edison Chimbo Llumitaxi

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xii |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiv |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xvi |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xvii |
| RESUMEN..... | xviii |
| SUMMARY / ABSTRACT..... | xix |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----------|
| 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1 Antecedentes..... | 2 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 4 |
| <i>1.3.1 Justificación técnica.....</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3.2 Justificación económica.....</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3.3 Justificación social.....</i> | <i>5</i> |
| 1.4 Objetivos..... | 5 |
| <i>1.4.1 Objetivo general.....</i> | <i>5</i> |
| <i>1.4.2 Objetivos específicos.....</i> | <i>5</i> |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----------|
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Definición de sistemas de riego..... | 6 |
| 2.2 Tipos de sistemas de riego..... | 6 |
| <i>2.2.1 Riego por goteo.....</i> | <i>6</i> |
| <i>2.2.2 Riego por microaspersión.....</i> | <i>6</i> |
| <i>2.2.3 Riego por aspersión.....</i> | <i>7</i> |
| <i>2.2.4 Tipos de sistemas de riego por aspersión.....</i> | <i>8</i> |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.3 | Ventajas y desventajas de los tipos de sistemas de riego. | 8 |
| 2.3.1 | <i>Solapamiento de entre aspersores</i> | 10 |
| 2.3.2 | <i>Disposición en cuadrado</i> | 10 |
| 2.3.3 | <i>Disposición en triángulo</i> | 11 |
| 2.3.4 | <i>Disposición en rectángulo</i> | 11 |
| 2.4 | Bomba para riego por aspersión | 12 |
| 2.4.1 | <i>Bomba centrífuga</i> | 12 |
| 2.4.2 | <i>Bomba de desplazamiento positivo</i> | 13 |
| 2.4.3 | <i>Bomba sumergible</i> | 13 |
| 2.5 | Sistema fotovoltaico | 14 |
| 2.5.1 | <i>Clasificación de sistemas fotovoltaicos</i> | 15 |
| 2.5.2 | <i>Aplicación de sistemas fotovoltaicos</i> | 16 |
| 2.5.2.1 | <i>Sistemas de electrificación</i> | 16 |
| 2.5.2.2 | <i>Sistemas profesionales</i> | 16 |
| 2.5.2.3 | <i>Sistemas de bombeo de agua</i> | 16 |
| 2.6 | Componentes de sistemas fotovoltaicos autónomos | 16 |
| 2.6.1 | <i>Módulo fotovoltaico</i> | 16 |
| 2.6.1.1 | <i>Clasificación de paneles solares</i> | 17 |
| 2.6.1.2 | <i>Paneles solares monocristalinos</i> | 17 |
| 2.6.1.3 | <i>Paneles solares policristalinos</i> | 18 |
| 2.6.1.4 | <i>Paneles solares de película delgada</i> | 18 |
| 2.6.2 | <i>Baterías de almacenamiento</i> | 20 |
| 2.6.3 | <i>Regulador de carga</i> | 22 |
| 2.6.3.1 | <i>Regulador por derivación</i> | 23 |
| 2.6.3.2 | <i>Regulador de una etapa</i> | 23 |
| 2.6.3.3 | <i>Regulador por desvío</i> | 23 |
| 2.6.3.4 | <i>Controlador PWM</i> | 23 |
| 2.6.3.5 | <i>Controlador MPPT</i> | 24 |
| 2.6.4 | <i>Inversor de corriente</i> | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.6.4.1 | <i>Inversores de Onda Cuadrada</i> | 25 |
| 2.6.4.2 | <i>Inversores de Onda Cuadrada Modificada</i> | 26 |
| 2.6.4.3 | <i>Inversores de onda sinusoidal pura</i> | 26 |

CAPÍTULO III

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 3. | MARCO METODOLÓGICO | 27 |
| 3.1 | Metodología para la selección de las características del producto | 27 |
| 3.1.1 | <i>Matriz QFD</i> | 27 |
| 3.1.2 | <i>Metodología para el desarrollo de la casa de la calidad</i> | 27 |
| 3.1.3 | <i>Voz del usuario (VOC)</i> | 28 |
| 3.1.4 | <i>Voz del ingeniero</i> | 28 |
| 3.1.5 | <i>Diseño conceptual</i> | 28 |
| 3.1.5.1 | <i>Matriz morfológica</i> | 28 |
| 3.1.6 | <i>Evaluación de alternativas</i> | 30 |
| 3.1.6.1 | <i>Alternativa 1: Sistema Automatizado con Cisterna y Control de Humedad</i> | 30 |
| 3.1.6.2 | <i>Alternativa 2: Sistema Semi-Automatizado con Temporizador y Tanque de Almacenamiento</i> | 30 |
| 3.1.6.3 | <i>Alternativa 3: Sistema Manual con Red Pública y Sensor de Flujo</i> | 30 |
| 3.1.6.4 | <i>Funcionalidad</i> | 31 |
| 3.1.6.5 | <i>Ergonomía</i> | 31 |
| 3.1.6.6 | <i>Costo</i> | 31 |
| 3.1.6.7 | <i>Seguridad</i> | 31 |
| 3.1.6.8 | <i>Eficiencia</i> | 31 |
| 3.2 | Diseño del sistema hidráulico | 32 |
| 3.2.1 | <i>Selección de aspersores</i> | 32 |
| 3.2.2 | <i>Selección de tuberías</i> | 36 |
| 3.2.2.1 | <i>Selección de la tubería principal</i> | 36 |
| 3.2.2.2 | <i>Selección de la tubería secundaria</i> | 36 |
| 3.2.3 | <i>Selección de la bomba</i> | 37 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 3.2.3.1 | <i>Selección de la bomba basado en el caudal</i> | 37 |
| 3.2.3.2 | <i>Selección de la bomba basado en la presión</i> | 39 |
| 3.2.4 | <i>Diseño del tanque de almacenamiento de agua</i> | 49 |
| 3.2.4.1 | <i>Cálculo del volumen del tanque</i> | 49 |
| 3.3 | Diseño del sistema fotovoltaico | 51 |
| 3.3.1 | <i>Cálculo de la demanda energética</i> | 51 |
| 3.3.2 | <i>Dimensionamiento del sistema fotovoltaico</i> | 52 |
| 3.3.2.1 | <i>Radiación Solar</i> | 52 |
| 3.3.2.2 | <i>Cálculo del número de horas pico</i> | 53 |
| 3.3.2.3 | <i>Cálculo de la energía solar requerida</i> | 53 |
| 3.3.2.4 | <i>Cálculo de la potencia ajustada</i> | 54 |
| 3.3.3 | <i>Cálculo del número de paneles solares</i> | 54 |
| 3.3.4 | <i>Comprobación del número de paneles solares por amperaje</i> | 54 |
| 3.3.5 | <i>Cálculo del número de baterías</i> | 57 |
| 3.3.6 | <i>Cálculo y selección del inversor de corriente</i> | 58 |
| 3.3.7 | <i>Cálculo y selección del controlador de carga</i> | 59 |
| 3.4 | Diseño del sistema de control | 61 |
| 3.4.1 | <i>Selección de los componentes para el sistema de control</i> | 61 |
| 3.4.1.1 | <i>Selección del controlador lógico</i> | 61 |
| 3.4.2 | <i>Esquema de programación SCADA para el control LOGO</i> | 61 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4. | MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 63 |
| 4.1 | Evaluación de funcionamiento del sistema de bombeo | 63 |
| 4.1.1 | <i>Inspección Física</i> | 63 |
| 4.1.2 | <i>Procedimientos de instalación</i> | 63 |
| 4.1.3 | <i>Manual de operación</i> | 63 |
| 4.1.4 | <i>Medición de rendimiento</i> | 64 |
| 4.1.5 | <i>Plan de mantenimiento</i> | 65 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 4.2 | Pruebas de funcionamiento del sistema de riego..... | 66 |
| 4.3 | Análisis de costos | 69 |
| 4.3.1 | Costos directos | 69 |
| 4.3.1.1 | Costos de materiales | 69 |
| 4.3.1.2 | Costos de mano de obra | 72 |
| 4.3.1.3 | Costos de equipos y herramientas | 72 |
| 4.3.1.4 | Transporte | 72 |
| 4.3.2 | Costos indirectos..... | 73 |
| 4.3.3 | Costos totales | 73 |
| | | |
| CAPÍTULO V | | |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 5.1 | Conclusiones | 74 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 75 |
| | | |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 76 |
| | ANEXOS..... | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 2-1: | Ventajas y desventajas de tipos de sistemas de riego..... | 8 |
| Tabla 2-2: | Tipos de bombas según el número de aspersores..... | 13 |
| Tabla 2-3: | Relación entre la potencia de la bomba y el número de aspersores..... | 14 |
| Tabla 2-4: | Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación..... | 19 |
| Tabla 2-5: | Ventajas y desventajas de los tipos de paneles solares..... | 19 |
| Tabla 2-6: | Características principales de los diferentes tipos de baterías..... | 21 |
| Tabla 2-7: | Posibles clasificaciones de los tipos de reguladores, según diversos conceptos..... | 22 |
| Tabla 3-1: | Análisis de competencia..... | 27 |
| Tabla 3-2: | Matriz morfológica..... | 29 |
| Tabla 3-3: | Resumen de análisis de aspectos de alternativa 1..... | 31 |
| Tabla 3-4: | Datos del rendimiento de los difusores PS de ½ in..... | 34 |
| Tabla 3-5: | Datos del rendimiento de los aspersores PGJ de ½ in..... | 35 |
| Tabla 3-6: | Dimensiones de la tubería según el flujo..... | 36 |
| Tabla 3-7: | Datos de la tubería de PVC..... | 36 |
| Tabla 3-8: | Caudal requerido para cada sector..... | 38 |
| Tabla 3-9: | Especificaciones técnicas bomba de agua..... | 38 |
| Tabla 3-10: | Presión necesaria del aspersor crítico para cada área de riego..... | 40 |
| Tabla 3-11: | Presión inicial según la curva de funcionamiento..... | 40 |
| Tabla 3-12: | Perdidas máximas de cada sector..... | 41 |
| Tabla 3-13: | Caudales de los sectores en m ³ /s..... | 41 |
| Tabla 3-14: | Longitud de tubería de la ruta crítica del sector A..... | 42 |
| Tabla 3-15: | Perdidas de longitud de tubería del sector A..... | 42 |
| Tabla 3-16: | Longitud de tubería de la ruta crítica del sector B..... | 43 |
| Tabla 3-17: | Perdidas de longitud de tubería del sector B..... | 43 |
| Tabla 3-18: | Longitud de tubería de la ruta crítica del sector C..... | 44 |
| Tabla 3-19: | Perdidas de longitud de tubería del sector C..... | 45 |
| Tabla 3-20: | Longitud de tubería de la ruta crítica del sector D..... | 46 |
| Tabla 3-21: | Perdidas de longitud de tubería del sector D..... | 47 |
| Tabla 3-22: | Accesorios para cada sector y el coeficiente K..... | 48 |
| Tabla 3-23: | Perdidas por accesorios de cada sector..... | 49 |
| Tabla 3-24: | Datos del caudal y volumen de agua requerido para cada área de riego..... | 49 |
| Tabla 3-25: | Datos del caudal y volumen de agua requerido para cada área de riego..... | 50 |
| Tabla 3-26: | Volumen consumido en el tipo de aspersión programado..... | 51 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 3-27: | Datos de la demanda energética..... | 51 |
| Tabla 4-1: | Inspección Física del sistema de bombeo | 63 |
| Tabla 4-2: | Parámetros de revisión antes del procedimiento de operación | 63 |
| Tabla 4-3: | Inspección Física del sistema de bombeo | 64 |
| Tabla 4-4: | Partes del sistema de riego..... | 69 |
| Tabla 4-5: | Costos de materiales del sistema hidráulico..... | 69 |
| Tabla 4-6: | Costos de materiales del sistema fotovoltaico..... | 70 |
| Tabla 4-7: | Costos de materiales del sistema de control..... | 70 |
| Tabla 4-8: | Costos de materiales | 71 |
| Tabla 4-9: | Costos de mano de obra | 72 |
| Tabla 4-10: | Costos de equipos y herramientas | 72 |
| Tabla 4-11: | Costos directos..... | 72 |
| Tabla 4-12: | Costos indirectos..... | 73 |
| Tabla 4-13: | Costos totales..... | 73 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|--------------------------|--|----|
| Ilustración 1-1: | Chancha de la Facultad de Mecánica..... | 2 |
| Ilustración 2-1: | Sistema de riego por goteo..... | 6 |
| Ilustración 2-2: | Sistema de riego por microaspersión | 7 |
| Ilustración 2-3: | Sistema de riego por aspersión | 7 |
| Ilustración 2-4: | Tipos de sistemas de riego por aspersión..... | 8 |
| Ilustración 2-5: | Solapamiento de aspersores | 10 |
| Ilustración 2-6: | Los diferentes tipos de disposición a) cuadrada, b) rectangular; c) triangular | 10 |
| Ilustración 2-7: | Disposición en cuadrado..... | 11 |
| Ilustración 2-8: | Disposición en triángulo | 11 |
| Ilustración 2-9: | Disposición en rectángulo..... | 11 |
| Ilustración 2-10: | Solape de riego de conjunto de aspersores..... | 12 |
| Ilustración 2-11: | Bomba centrífuga | 12 |
| Ilustración 2-12: | Bomba de desplazamiento positivo..... | 13 |
| Ilustración 2-13: | Bomba sumergible..... | 13 |
| Ilustración 2-14: | Estructura de sistema fotovoltaico autónomos | 15 |
| Ilustración 2-15: | Estructura de sistema fotovoltaico de autoconsumo | 16 |
| Ilustración 2-16: | Estructura de un módulo fotovoltaico | 17 |
| Ilustración 2-17: | Panel monocristalino | 18 |
| Ilustración 2-18: | Panel policristalino | 18 |
| Ilustración 2-19: | Panel de película delgada..... | 19 |
| Ilustración 2-20: | Conexión de la batería en una instalación fotovoltaica | 20 |
| Ilustración 2-21: | Estructura de un módulo fotovoltaico | 20 |
| Ilustración 2-22: | Diferentes tipos de baterías para sistemas fotovoltaico..... | 21 |
| Ilustración 2-23: | Conexión de un banco de baterías..... | 22 |
| Ilustración 2-24: | Controlador PWM - 20A | 24 |
| Ilustración 2-25: | Controlador de carga MPPT de 60A..... | 24 |
| Ilustración 2-26: | Sistema fotovoltaico de instalación autónoma con inversor..... | 25 |
| Ilustración 2-27: | Tipos de ondas generadas por el inversor | 25 |
| Ilustración 2-28: | Inversor de Onda Cuadrada | 26 |
| Ilustración 2-29: | Inversor de Onda Cuadrada Modificada | 26 |
| Ilustración 2-30: | Inversor de Onda Sinusoidal Pura..... | 26 |
| Ilustración 3-1: | Alternativas para el diseño del sistema de riego | 30 |

| | | |
|--------------------------|--|----|
| Ilustración 3-2: | Plano de las áreas de riego del terreno | 32 |
| Ilustración 3-3: | Distribución de aspersores y difusores..... | 33 |
| Ilustración 3-4: | Catálogo Hunter de difusores de ½ in..... | 34 |
| Ilustración 3-5: | Catálogo Hunter de aspersores de ½ in..... | 34 |
| Ilustración 3-6: | Difusor PSU – 04..... | 35 |
| Ilustración 3-7: | Aspersores PGJ – 04..... | 35 |
| Ilustración 3-8: | Conexión de los aspersores con los tubos de PVC..... | 36 |
| Ilustración 3-9: | Curva de operación de la bomba..... | 39 |
| Ilustración 3-10: | Esquema de distribución de tubería del sistema de riego | 39 |
| Ilustración 3-11: | Presión de operación para cada sector | 40 |
| Ilustración 3-12: | Esquema del sector A del sistema de riego | 42 |
| Ilustración 3-13: | Esquema del sector B del sistema de riego | 43 |
| Ilustración 3-14: | Esquema del sector C del sistema de riego | 44 |
| Ilustración 3-15: | Esquema del sector D del sistema de riego..... | 46 |
| Ilustración 3-16: | Pérdidas de fricción en accesorios..... | 47 |
| Ilustración 3-17: | a) Vista superior de la cisterna, b) Vista lateral de la cisterna..... | 50 |
| Ilustración 3-18: | Energía solar promedio mensual en el cantón Riobamba..... | 52 |
| Ilustración 3-19: | Radiación solar en el cantón Riobamba | 53 |
| Ilustración 3-20: | Datos técnicos del panel 550 Wp – Monocristalino..... | 56 |
| Ilustración 3-21: | Curvas de operación de voltaje vs la corriente..... | 56 |
| Ilustración 3-22: | Batería de Gel de 90 Ah..... | 58 |
| Ilustración 3-23: | Inversor Onda Pura 5000W – 48VDC | 59 |
| Ilustración 3-24: | Controlador de carga MPPT de 60A..... | 60 |
| Ilustración 3-25: | Controlador LOGO 8 12/24RC..... | 61 |
| Ilustración 3-26: | Esquema de programación de riego para el PLC | 62 |
| Ilustración 4-1: | Tablero de control..... | 64 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|----------------------------|----|
| Ecuación 3-1 | 37 |
| Ecuación 3-2 | 40 |
| Ecuación 3-3 | 41 |
| Ecuación 3-4 | 41 |
| Ecuación 3-5 | 43 |
| Ecuación 3-6 | 44 |
| Ecuación 3-7 | 44 |
| Ecuación 3-8 | 49 |
| Ecuación 3-9 | 50 |
| Ecuación 3-10 | 53 |
| Ecuación 3-11 | 54 |
| Ecuación 3-12 | 54 |
| Ecuación 3-13 | 54 |
| Ecuación 3-14 | 55 |
| Ecuación 3-15 | 55 |
| Ecuación 3-16 | 55 |
| Ecuación 3-17 | 55 |
| Ecuación 3-18 | 57 |
| Ecuación 3-19 | 57 |
| Ecuación 3-20 | 58 |
| Ecuación 3-21 | 58 |
| Ecuación 3-22 | 59 |
| Ecuación 3-23 | 60 |
| Ecuación 3-24 | 60 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|-----------------|--|
| ANEXO A: | PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE ASPERSORES Y DIFUSORES |
| ANEXO B: | PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRIFUGA |
| ANEXO C: | PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO |
| ANEXO D: | PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO |
| ANEXO E: | FICHA TÉCNICA DE BOMBA JET DE 1HP |
| ANEXO F: | FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 550W |
| ANEXO G: | FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA DE 100AH – 24V |
| ANEXO H: | FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR DE CARGA MPPT 60A |
| ANEXO I: | FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR HIBRIDO 3KVA |
| ANEXO J: | FICHA TÉCNICA DE LA TUBERÍA DE PVC |
| ANEXO K: | FICHA TÉCNICA DE LOS ASPERSORES HUNTER PGJ-04 |
| ANEXO L: | FICHA TÉCNICA DE LOS DIFUSORES HUNTER PSU-04-8A |
| ANEXO M: | PLANOS DEL SISTEMA DE RIEGO |
| ANEXO N: | PLANO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL TABLERO |
| ANEXO O: | PLANO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO |
| ANEXO P: | IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO |
| ANEXO Q: | IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE HIDRÁULICO |
| ANEXO R: | IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL |
| ANEXO S: | FACTURAS |

RESUMEN

Este documento describe el proyecto titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Riego por Aspersión Sostenible Alimentado por Energía Solar Fotovoltaica para las Áreas Verdes de la Cancha de la Carrera de Mecánica”. La iniciativa se creó para mejorar las malas condiciones de estas áreas, causadas por la falta de un sistema de riego adecuado que limitaba su uso recreativo y estético. La deficiencia impactaba negativamente en la sostenibilidad ecológica de la institución, se propuso implementar tecnologías de riego automatizado alimentado por energía solar fotovoltaica asegurando su mantenimiento eficiente y reduciendo la huella ecológica. El objetivo principal fue diseñar e implementar un sistema de riego por aspersión alimentado por energía solar fotovoltaica. Los objetivos específicos incluyeron la determinación de los requisitos funcionales y parámetros de diseño, la elaboración de un diseño conceptual, la simulación de diferentes alternativas para seleccionar la más eficiente, y el diseño del sistema de alimentación eléctrica con energía solar fotovoltaica. El sistema fue evaluado a través de pruebas de funcionamiento para verificar su rendimiento y efectividad. Se seleccionó el aspersor PGJ-04, basándose en parámetros como el radio de aspersión y el solapamiento entre aspersores. El terreno se dividió en cuatro sectores de riego para un análisis detallado y una distribución eficiente, permitiendo el uso óptimo de la bomba Jet de 1.30 HP. La tubería empleada fue de polietileno (PVC), se utilizaron cuatro electroválvulas controladas por el sistema de automatización. El sistema fotovoltaico incluyó dos paneles de 580 watts, un inversor de 3 kW, un controlador MPPT de 60 A, un banco de cuatro baterías de 100 Ah, calculado según la demanda energética y la disponibilidad de energía solar diaria. En conclusión, la implementación del sistema se realizó con éxito, cumpliendo las expectativas de diseño en cuanto a cobertura, eficiencia y sostenibilidad.

Palabras clave: <CARRERA MECÁNICA> <SISTEMA DE RIEGO> <SISTEMA FOTOVOLTAICO> <ENERGIAS RENOVABLES> <BOMBA CENTRIFUGA> <ASPERSOR HUNTER PGJ-04> <RIEGO POR ASPERSIÓN> <DIFUSOR HUNTER PSU-04> <SISTEMA DE CONTROL>.

0350-DBRAI-UPT-2025



SUMMARY / ABSTRACT

This document describes the project “Design and Implementation of a Sustainable Sprinkler Irrigation System Powered by Photovoltaic Solar Energy for the Green Areas of the Mechanics Course.” The initiative was created to improve the poor conditions of these areas, caused by the lack of an adequate irrigation system that limited their recreational and aesthetic use. The deficiency negatively impacted the ecological sustainability of the institution; it was proposed to implement automated irrigation technologies powered by photovoltaic solar energy, ensuring its efficient maintenance and reducing the environmental footprint. The main objective was to design and implement a sprinkler irrigation system powered by photovoltaic solar energy. The specific objectives included the determination of the functional requirements and design parameters, the development of a conceptual design, the simulation of different alternatives to select the most efficient one, and the design of the electrical power system with photovoltaic solar energy. The system was evaluated through functional tests to verify its performance and effectiveness. The PGJ-04 sprinkler was selected based on parameters such as spray radius and overlap between sprinklers. The land was divided into four irrigation sectors for detailed analysis and efficient distribution, allowing optimal use of the 1.30 HP Jet pump. The pipe was made of polyethylene (PVC), and four solenoid valves controlled by the automation system were used. The photovoltaic system included two 580-watt panels, a 3 kW inverter, a 60 A MPPT controller, and a bank of four 100 Ah batteries, calculated according to the energy demand and the availability of daily solar energy. In conclusion, the system was implemented successfully, meeting the design expectations in terms of coverage, efficiency, and sustainability.

Keywords: <MECHANICAL RACE> <IRRIGATION SYSTEM> <PHOTOVOLTAIC SYSTEM> <RENEWABLE ENERGY> <CENTRIFUGAL PUMP> <HUNTER PGJ-04 SPRINKLER> <SPRINKER IRRIGATION> <HUNTER PSU-04 DIFFUSER> <CONTROL SYSTEM>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el uso de energías renovables ha tenido un crecimiento significativo, motivado por la necesidad de disminuir el impacto ecológico y la dependencia de fuentes de energía no renovables. Dentro de las múltiples opciones, la energía solar fotovoltaica sobresale por su fácil acceso y eficacia en áreas con elevada radiación solar. Específicamente, el uso de sistemas fotovoltaicos para abastecer instalaciones de agricultura ha probado ser una opción factible y lucrativa para maximizar la utilización de recursos, tales como el agua y la energía.

El riego, representa una de las mayores demandas de energía y agua en la agricultura, puede beneficiarse enormemente de la implementación de tecnologías autónomas basadas en energías renovables.

González & Fernández (González & Fernández, 2019) citan que la eficiencia del riego puede verse considerablemente aumentada mediante el uso de sensores y sistemas de control que ajustan la cantidad de agua utilizada de acuerdo con las necesidades de los cultivos, lo que permite no solo un ahorro de recursos, sino también una mejora en la productividad agrícola.

González, M., & Fernández, L. (2019). Optimización del riego agrícola con tecnologías automatizadas: Un enfoque sostenible. Editorial Técnica Agrícola. Martínez (2021) opina que, al integrar un sistema fotovoltaico, se busca eliminar la dependencia de fuentes de energía convencionales, particularmente en áreas rurales o alejadas de redes eléctricas, promoviendo una agricultura más sostenible. Este tipo de sistema no solo promete optimizar el consumo energético, sino que también puede ser un factor clave en la mitigación de los efectos del cambio climático, al promover un uso más eficiente de los recursos naturales.

Este proyecto aborda el diseño técnico de un sistema de riego y de un sistema fotovoltaico con su respectiva integración, así también como las consideraciones prácticas para su implementación en un entorno de esparcimiento social universitario destacando sus ventajas ambientales valiéndose de un sistema automatizado. A través de este proyecto, se pretende ofrecer una solución tecnológica para irrigar efectivamente las áreas verdes de las canchas de la Facultad de Mecánica reduciendo a cero los costos operativos por el uso de agua y de energía.

La problemática planteada nos conlleva a realizar un análisis exhaustivo de trabajos análogos realizados, con la finalidad de determinar un panorama perfecto para darle solución a través de la ejecución de este proyecto.

Entre las investigaciones revisadas se tiene a la realizada por, (Eibar Bejarano y Silva Escobar, 2012, págs. 13-16), donde se detalla el diseño y la implementación un sistema de automatización y control para el riego del invernadero del “Centro Experimental del Riego – ESPOCH”, considerando en la configuración las variables físicas de temperatura y humedad.

De igual manera, el estudio realizado por (Guevara López, 2016, págs. 1-2), describe el diseño y la instalación de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar a través de paneles fotovoltaicos, para el cultivo hidropónico de lechuga en el en el sector de San Vicente, cantón Quero, que garantiza el riego del cultivo, para tal efecto se determinó la radiación del lugar y el consumo de agua basado en datos técnicos obtenidos de la NASA.

A su vez la investigación realizada por (Montaluisa Torres y Vargas Toca, 2021, págs. 19-25), de la ESPE, describe el diseño y el montaje eficaz de un sistema de riego inteligente basado en energía solar fotovoltaica, en donde se logró como resultado el máximo rendimiento de los cultivos.

Por otro lado, la investigación realizada por (Chamba Lino y Oyague León, 2022, págs. 1-4), de la misma universidad, analizó y diseño un sistema de riego en el cantón Mocache, empleando energía fotovoltaica. Para validar el diseño, se utilizó el software Pvsyst, y comprobó que era una solución factible al ineficiente sistema de riego utilizado en esta comunidad.

Por último, el estudio realizado (Ventura Palomino y Lima Esperilla, 2024, págs. 14-19), cuyo enfoque consistió en el diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de Aguaymanto en el CPM de Mayobamba en 2022, en donde se utilizó la metodología IPD3 (Investigación + Planificación + Definición del producto, diseño y desarrollo); para facilitar el diseño y simulación se empleó varios softwares, como son AutoCAD, CROPWAT, S7-PLCSIM V17 y TIA Portal. Se obtuvo como resultado tres subsistemas: hidráulico, eléctrico y control, que fueron favorables y demuestran que el horario óptimo para realizar los riegos va desde las 05:00 p. m. hasta las 02:00 a. m.

1.2 Planteamiento del problema

Las áreas verdes son zonas usadas y compartidas por las comunidades para realizar un sano esparcimiento después de sus actividades, a las cuales se les debe suministrar el cuidado y mantenimiento efectivo. El mantenimiento adecuado de estas áreas no solo promueve un ambiente propicio para el esparcimiento y la relajación, sino que también contribuye a mejorar la salud física y mental de las comunidades que las utilizan.

La Sociedad Americana de Psicología resalta que la presencia de espacios verdes en entornos urbanos, hospitales y lugares de trabajo incrementa el bienestar general de las personas al reducir el estrés y fomentar un estado de ánimo positivo. Sin embargo, mantener estos espacios en óptimas condiciones requiere un sistema de riego eficiente y responsable, pues el consumo excesivo de agua y la irrigación descontrolada pueden generar efectos adversos como el agotamiento de recursos hídricos, costos elevados y daños al medio ambiente debido a las sequías. En los últimos años, la implementación de tecnologías de automatización en los sistemas de riego ha permitido optimizar el uso del agua y minimizar los riesgos asociados a la sobreirrigación, como la saturación del suelo y la pudrición de las raíces.

En el caso de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, las áreas verdes actualmente enfrentan condiciones desfavorables que limitan su capacidad de cumplir su propósito de proporcionar un espacio relajante y funcional para los estudiantes. La ausencia de un sistema de riego adecuado impide que la vegetación se mantenga saludable, lo que no solo reduce el valor estético y recreativo de estas áreas, sino que también impacta negativamente en la sostenibilidad ecológica de la institución. Un sistema de riego moderno y automatizado permitiría, por tanto, revitalizar estas zonas, cumpliendo con los estándares de áreas verdes y ayudando a reducir la huella ecológica de la universidad.

¿Cómo diseñar, e implementar un sistema de riego por aspersión sostenible alimentado por energía solar fotovoltaica para las áreas verdes de la cancha de la Carrera Mecánica, que permita mantener estas áreas en óptimas condiciones?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación técnica

El ser humano, desde siempre, se ha preocupado por desarrollar ideas (inventos) que le han permitido alcanzar el confort realizando esfuerzos mínimos. El enfoque de este proyecto no es la excepción, pues busca dar solución a una problemática enmarcada en el riego de áreas verdes y recreativas haciendo uso de la tecnología sostenible, evidenciado en la utilización de paneles solares fotovoltaicos, que hacen uso del sol como fuente de energía renovable.

Además, se hace necesario mencionar que se hará uso de equipos eléctricos, electrónicos y de automatización, que permiten al sistema de riego ponerse en funcionamiento acorde con una programación establecida por los puntos máximos y mínimos de variables, como: la temperatura; la humedad y el punto de rocío.

1.3.2 Justificación económica

La ejecución de este proyecto se justifica económica porque representará para la universidad en un futuro próximo el ahorro de tiempo para realizar esta actividad, debido a que actualmente la falta de personal impide que las áreas verdes estén integralmente preservadas.

Se tiene el conocimiento que los sistemas de riego ofrecen mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico al optimizar y racionalizar los flujos de agua requeridos. Por ende, ayudara a la reducción de costos en las planillas de agua.

1.3.3 Justificación social

La ejecución de este proyecto busca solución innovadora y sostenible para la problemática del riego deficiente y el impacto ambiental de los sistemas tradicionales. Este proyecto no solo contribuirá al mantenimiento de las áreas verdes de la Cancha de la Carrera Mecánica, sino que también servirá como ejemplo de una práctica sostenible y fomentará una conciencia ambiental en la institución.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de riego por aspersión sostenible alimentado por energía solar fotovoltaica para las áreas verdes de la cancha de la Carrera Mecánica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos funcionales y parámetros de diseño para el sistema de riego.
- Delinear el diseño conceptual del sistema de riego a implementar.
- Simular el funcionamiento de varias alternativas para seleccionar la de mejor funcionalidad.
- Diseñar el sistema de alimentación de energía eléctrica a través de un sistema solar fotovoltaica.
- Diseñar e implementar el sistema de control eléctrico.
- Implementar el diseño del sistema de riego sostenible en el área designado.
- Evaluar los resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema de riego.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de sistemas de riego

Según (Cortes Cadavid y Vargas García, 2021, pág. 29) expresan que un sistema de riego es el conjunto estructural del sistema que permite la distribución de agua a un cultivo agrícola.

Los sistemas de riego nacen bajo la concepción de generar un aporte significativo de agua en las áreas verdes y de cultivos, supliendo las necesidades hídricas de las plantas. Entre las principales ventajas que se obtienen al implementar un sistema de riego, está la transformación de zonas secas en productivas, hecho que es evidenciado en el incremento de la producción de una parcela.

Las dosis de riego máxima, depende del volumen de agua útil que es capaz de retener el suelo, de la profundidad radicular efectiva de cada cultivo y de la cantidad de agua útil que puede agotarse sin que el potencial productivo se vea mermado. (Innovatione, 2019)

2.2 Tipos de sistemas de riego

Existen diferentes tipos de riego, los cuales son utilizados según el área a cubrir y el tipo de planta a regar.

2.2.1 *Riego por goteo*

Es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Los agrónomos los denominan riegos localizados, debido a que humedecen una sección del volumen de suelo, que es suficiente para el buen desarrollo del cultivo. (Liotta, 2015, pág. 5)

De acuerdo con (Liotta, 2015, pág. 5) detalla que este tipo de riego consta de los siguientes elementos: fuente de abastecimiento de agua, cabezal principal, tuberías de conducción principales, cabezales de campo, tuberías terciarias y laterales de riego con emisores.



Ilustración 2-1: Sistema de riego por goteo

Fuente: Blooming, 2024

2.2.2 *Riego por microaspersión*

Es un sistema que nos hace ahorrar agua y tiempo, ya que es un sistema automático y localizado. Este tipo de riego es una variante del riego por aspersión, donde los microaspersores lanzan a presión cortinas de gotas de agua pequeñísimas, pero con menos alcance.

Los componentes del riego por microaspersión son: cabezal de control; línea principal y líneas secundarias; cruceros divisores; líneas divisorias; líneas regantes; drenes; microaspersores y atraques.



Ilustración 2-2: Sistema de riego por microaspersión

Fuente: Muñoz L., 2021

2.2.3 Riego por aspersión

Es un sistema de riego donde el agua llega al cultivo en forma de lluvia localizada. Los componentes de este sistema son el grupo de bombeo, tuberías principales con sus hidrantes, tuberías portaemisores y emisores.

El factor por considerar en este sistema de riego es la presión. Cuando la presión baja la gota tiende a aumentar de tamaño, haciendo que la distribución del agua sea irregular. Cuando hay aumento de presión se presenta mayor pulverización haciendo que las gotas disminuyan considerablemente de tamaño, lo que facilita que el viento logre arrastrarlas lejos de su campo de acción.



Ilustración 2-3: Sistema de riego por aspersión

Fuente: Martín M., 2011

2.2.4 Tipos de sistemas de riego por aspersión

En el esquema adjunto se detalla la clasificación de los sistemas de riego por aspersión existentes.

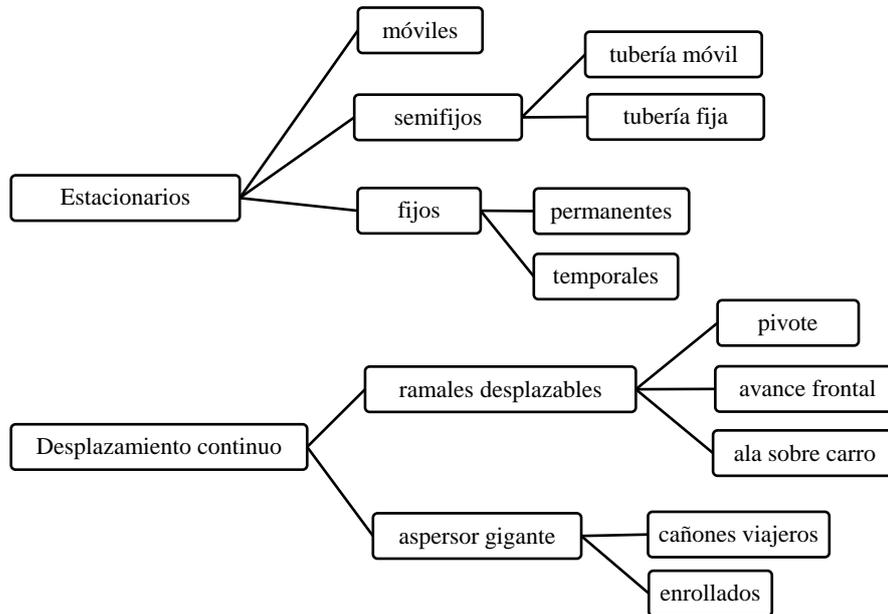


Ilustración 2-4: Tipos de sistemas de riego por aspersión

Fuente: Innovatione, 2019

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

2.3 Ventajas y desventajas de los tipos de sistemas de riego.

En la tabla 2-1. Se detalla las principales ventajas y desventajas de diferentes de sistemas de riego que permiten esclarecer por qué para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado el sistema de riego por aspersión.

Tabla 2-1: Ventajas y desventajas de tipos de sistemas de riego

| Tipo de sistema de riego | Ventajas | Desventajas |
|--------------------------|--|---|
| Por goteo | <ul style="list-style-type: none"> • La cantidad de agua que se aplica se ajusta en cantidad (uniformidad de aplicación) y oportunidad a la evapotranspiración de los cultivos. • Contribuye a facilitar el control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada. • Ahorro de mano de obra, y se aprovecha realizando el fertirriego. • Automatización parcial o total del equipo. | <ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado de adquisición e instalación. • Consumo de energía, pues depende de la electricidad. • Necesidad de mantenimiento y limpieza del sistema. |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| <p>Aspersores</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en terrenos con un cierto grado de pendiente, puesto que la presión del agua es eliminada, logrando una distribución homogénea por el cultivo. • Puede dosificarse con alto grado de precisión. • El consumo de agua es menor que el asociado a otros sistemas de riego. • Ahorro de mano de obra y se puede realizar el fertirriego. • Automatización parcial o total del equipo. • Se utiliza para grandes extensiones de terreno (césped). | <ul style="list-style-type: none"> • Se precisa una buena determinación o cálculo de la distancia entre los aspersores, de manera que pueda lograrse un alto coeficiente de uniformidad. • La humedad que se genera tanto en la zona foliar como en el tallo, durante épocas de altas temperaturas, puede provocar la aparición de determinadas patologías producidas por hongos. • Suele aplicarse para fines concretos, como para limitar los daños que puedan producir las heladas o para colorear la fruta. |
| <p>Microaspersores</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Son ideales para el riego de plantas pequeñas como hortalizas. • Su uso está enfocado en invernaderos y viveros. • Su uso supone un ahorro de agua en comparación con el riego por aspersión tradicional o sistemas de riego de agua en superficie. • Es más uniforme, más que el goteo. • Es posible el ahorro de fertilizante. • Mejora la lixiviación (aleja sales minerales de las raíces de las plantas). • Apto para terrenos irregulares con pendientes y desniveles. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta inversión, resultan ser más caro que el sistema por goteo. • Suele interferir en labores de cultivo y de acondicionamiento del terreno. • Sistema fijo, con elementos expuestos propensos a averiarse o dañarse. • Si se deja de utilizar de forma permanente suelen taponarse las boquillas y reguladores de presión. • La exposición a fuertes vientos suele afectar su uniformidad, aunque menos que en sistemas de aspersión. |

Fuente: Innovatione, 2019

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

2.3.1 Solapamiento de entre aspersores

Es la traslapé entre los radios de aspersión de dos o más aspersores. Los sistemas de riego por aspersión se recomiendan que allá un adecuado solapamiento para obtener una buena uniformidad de distribución de irrigación y compensar el déficit de pluviometría, como se observa en la ilustración 2-5.

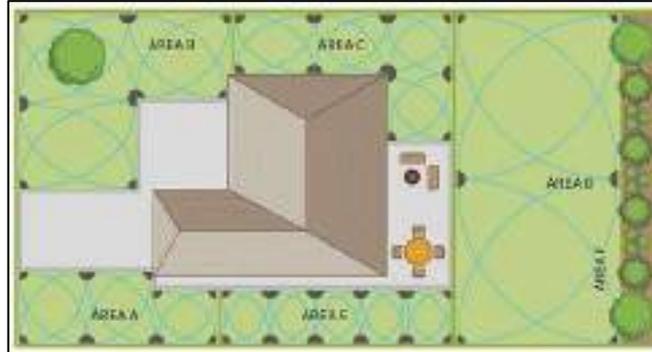


Ilustración 2-5: Solapamiento de aspersores

Fuente: Hunter Industries Incorporated, 2013

Tenemos tres tipos de disposición de aspersores que son:

- Cuadrado
- Rectangular
- Triangular

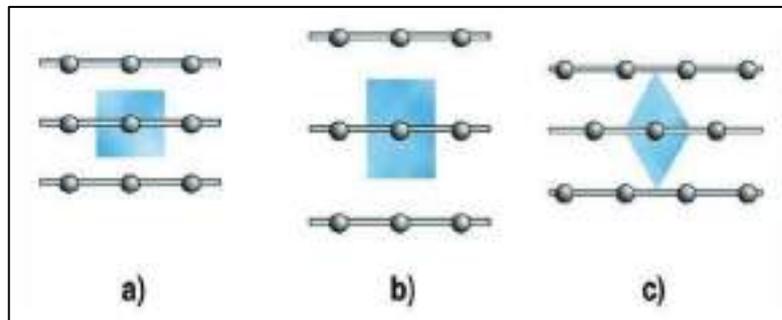


Ilustración 2-6: Los diferentes tipos de disposición a) cuadrada, b) rectangular; c) triangular

Fuente: Fernández Gómez R., 2010

2.3.2 Disposición en cuadrado

El aspersor ocupa la parte superior del campo. La distancia entre las líneas es igual a la distancia entre las boquillas sucesivas en la misma fila y columna. (Peralta J. y Simpfendorfer C., 2001, pág. 17)

Como se observa en la ilustración 2-7 la separación entre los aspersores y ramales de aspersión debe ser el 60% del diámetro mojado.

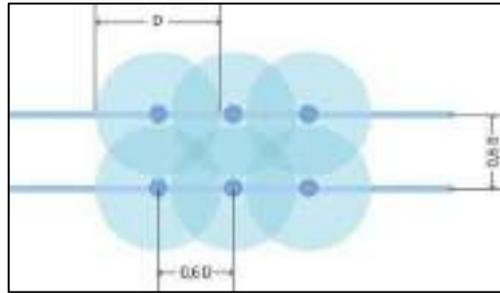


Ilustración 2-7: Disposición en cuadrado

Fuente: Fernández Gómez R., 2010

2.3.3 Disposición en triángulo

El aspersor ocupa la parte superior del campo. La distancia entre las líneas es igual a la distancia entre las boquillas sucesivas en la misma fila y columna. (Peralta J. y Simpfendorfer C., 2001, pág. 17)

Como se observa en la ilustración 2-8 la separación entre los aspersores y ramales de aspersión debe ser el 60% del diámetro mojado.

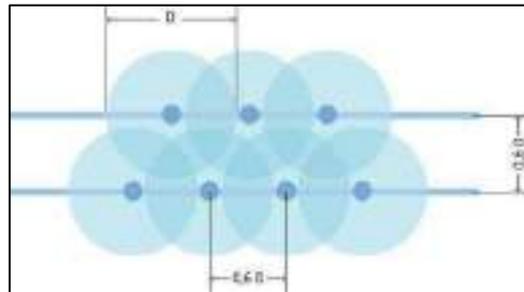


Ilustración 2-8: Disposición en triángulo

Fuente: Fernández Gómez R., 2010

2.3.4 Disposición en rectángulo

El aspersor ocupa la parte superior del campo. La distancia entre las líneas es igual a la distancia entre las boquillas sucesivas en la misma fila y columna. (Peralta J. y Simpfendorfer C., 2001, pág. 17)

Como se observa en la ilustración 2-9 la separación entre ramales debe ser el 75% del diámetro mojado y el 40% del diámetro entre aspersores de un ramal.

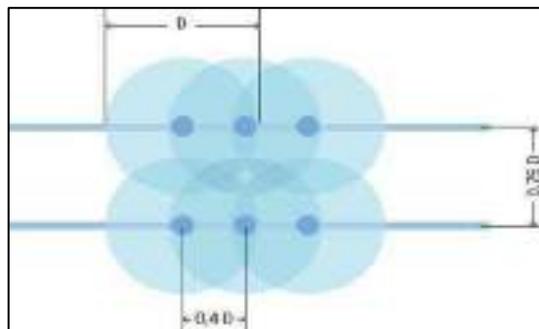


Ilustración 2-9: Disposición en rectángulo

Fuente: Fernández Gómez R., 2010

En la ilustración 2-10 nos evidencia que la una disposición del solapamiento entre aspersores conjunto es mejor que uno individual.

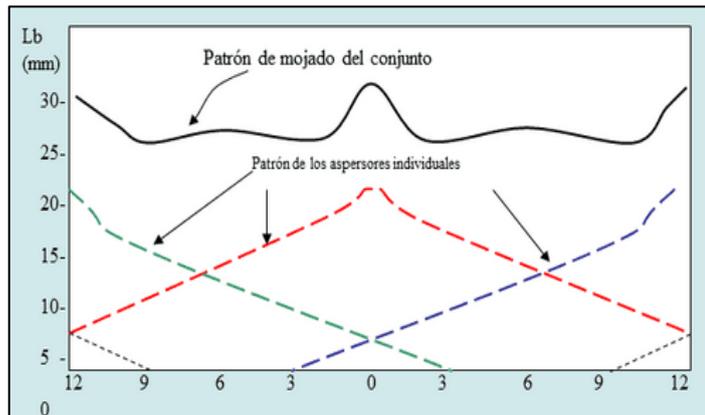


Ilustración 2-10: Solape de riego de conjunto de aspersores

Fuente: Morales P., 2014

2.4 Bomba para riego por aspersión

Una bomba para riego por aspersión es un equipo diseñado para suministrar agua a presión a los aspersores utilizados en un sistema de riego por aspersión, estas suelen ser eléctricas y pueden clasificar según la potencia. (Pinto A., 2023)

Existen varios tipos de bombas para riego de aspersión, entre las más relevantes y ocupadas para este sistema de riego son tres, los cuales son:

- Bomba Centrífugas
- Bomba de desplazamiento positivo
- Bomba sumergible

2.4.1 Bomba centrífuga

Este tipo de bombas son las comunes y se utilizan en sistemas de riego de baja y mediana presión. Su diseño de flujo radial las hace ideal para manejar grandes volúmenes de agua. (Pinto A., 2023)



Ilustración 2-11: Bomba centrífuga

Fuente: Motorba, 2023

2.4.2 Bomba de desplazamiento positivo

Se utiliza en sistemas de riegos de alta presión. Estas bombas crean presión moviendo fluidos a través de una cámara de tamaño fijo. (Pinto A., 2023)

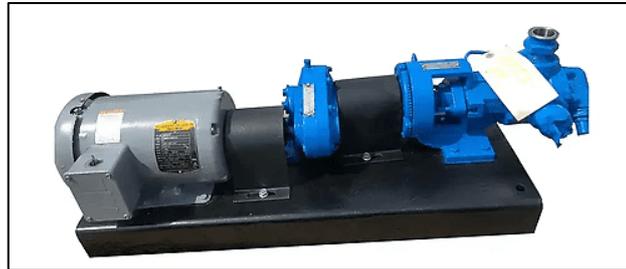


Ilustración 2-12: Bomba de desplazamiento positivo

Fuente: Genemco, 2024

2.4.3 Bomba sumergible

Se utilizan en sistemas de riego de aguas subterráneas. Estas bombas están diseñadas para funcionar bajo el agua y suelen estar protegidas contra la corrosión y el desgaste. (Pinto A., 2023)



Ilustración 2-13: Bomba sumergible

Fuente: Truper, 2024

En la tabla 2-2 se puede observar la relación entre el número de aspersores y tipo de bomba, además de indicar para que tipo de sistema de riego es adecuado cada uno.

Tabla 2-2: Tipos de bombas según el número de aspersores

| Numero de aspersores | Tipo de bombas | Descripción |
|----------------------|------------------|---|
| 1 - 3 | Bomba Centrifuga | Ideal para sistemas de riegos pequeños y medianos con una presión de agua baja a media. |
| 4 - 7 | Bomba sumergible | Recomendado para sistemas de riego más grandes con alta presión y mayor caudal. |
| 8 - 12 | Bomba de pistón | Esta es una buena opción para sistemas de riegos más grandes que requieren mayor flujo y presión de agua. |

| | | |
|----------|----------------------------------|--|
| 13 o más | Bomba de desplazamiento positivo | Recomendado para grandes sistemas de riego que requieren altos caudales y alta presión. También se utiliza en aplicaciones comerciales e industriales. |
|----------|----------------------------------|--|

Fuente: Pinto A., 2023

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

En previas investigaciones entre proveedores e ingenieros nos indica que hay una relación de la capacidad de la bomba y el número aproximado de aspersores que puede alimentar de manera uniforme y con una presión adecuada para una distribución óptima del agua. En la tabla 2-3 nos indica aproximadamente la relación de potencia y el número de aspersores, asumiendo que los aspersores tienen un tamaño adecuado y un caudal estándar. (Pinto A., 2023)

Tabla 2-3: Relación entre la potencia de la bomba y el número de aspersores

| Potencia de la bomba | | Numero de Aspersores | |
|----------------------|-------|----------------------|--------|
| HP | W | Mínimo | Máximo |
| 1/2 | 375 | 4 | 8 |
| 3/4 | 560 | 8 | 12 |
| 1 | 750 | 12 | 20 |
| 1 ½ | 1 125 | 20 | 30 |
| 2 | 1 500 | 30 | 40 |

Fuente: Pinto A., 2023

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Los valores indicados en la tabla 2-2 y 2-3 son valores referenciales y depende a varios factores, tales como la presión del agua, el tamaño del área de riego, inclinación del terreno y la capacidad de los aspersores.

2.5 Sistema fotovoltaico

Es el proceso de conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica se la conoce como tecnología solar fotovoltaica (FV). La energía solar fotovoltaica se utiliza cuando se requiere generación de electricidad para satisfacer las necesidades energéticas en sectores fuera de la red o para generar energía vinculada a la red eléctrica. (Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 10)

Normalmente, un sistema fotovoltaico estará formado por:

1. Módulo fotovoltaico o paneles solares
2. Batería de almacenamiento
3. Regulador de carga
4. Inversor de corriente

En la ilustración 2-14, se describe los componentes y el principio de funcionamiento de un sistema fotovoltaico.

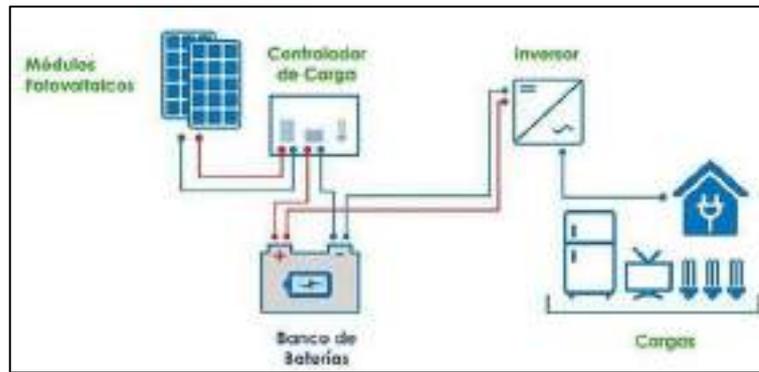


Ilustración 2-14: Estructura de sistema fotovoltaico autónomos

Fuente: Peña L., 2023

El principio de funcionamiento del sistema fotovoltaico consiste en la captación la radiación emitida por el sol mediante el uso de los paneles fotovoltaicos que a su vez transmiten la energía al controlador de carga lo que ayuda a evitar sobrecargas y tensiones en el circuito eléctrico, los cuales pueden reducir la vida útil del circuito y un inversor permite la utilización de electrodomésticos. La carga no utilizada se almacenará en la batería y se utilizará cuando sea requerido.

2.5.1 Clasificación de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos dependen de la conexión a la red, para lo cual existen dos grandes grupos que se clasifican en:

1. **Sistemas fotovoltaicos autónomos:** este sistema no tiene conexión a la red eléctrica. La energía eléctrica es generada y consumida en el mismo lugar, por lo que entre sus componentes incluye una batería, las cuales se encargan de almacenar la energía hasta que el usuario requiera utilizarla, como se puede observar en la ilustración 2-14.
2. **Sistemas fotovoltaicos de autoconsumo:** este sistema tiene una conexión a la red eléctrica. En este tipo de sistemas se espera que la energía aportada por la instalación solar cubra las necesidades de consumo, en caso que no sea suficiente la energía será solventada de manera parcial o total por la red eléctrica. Cuando la producción de energía es excesiva, el exceso de energía se inyectará a la red para distribución al consumidor más cercano, como se puede observar en la ilustración 2-15.

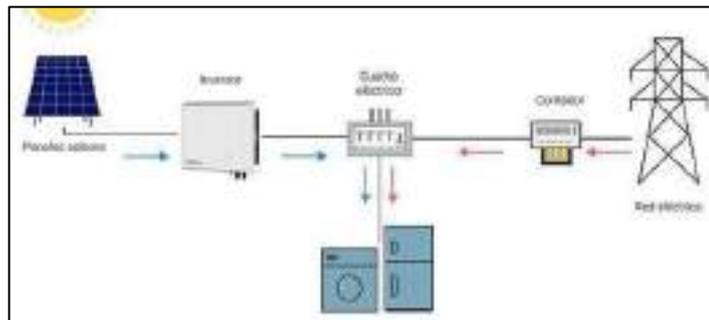


Ilustración 2-15: Estructura de sistema fotovoltaico de autoconsumo

Fuente: Autosolar, 2024, pág. 2

2.5.2 Aplicación de sistemas fotovoltaicos

La clasificación de los sistemas fotovoltaicos autónomos en función de su aplicación se puede dividir en sistemas de electrificación, profesionales y bombeo de agua.

2.5.2.1 Sistemas de electrificación

Uno de los mercados con la necesidad más urgente es el de suministrar energía a los hogares (principalmente iluminación y electrodomésticos) aislados de la red, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Las casas individuales (electrificación distribuida) o pueblos enteros (electrificación centralizada) pueden producir su propia electricidad sin un mantenimiento complejo ni un suministro regular de combustible. A menudo, estas aplicaciones están ubicadas en lugares remotos y no hay dinero para el mantenimiento del generador o el combustible. (Abella, 2015, pág. 6)

2.5.2.2 Sistemas profesionales

Las telecomunicaciones y las aplicaciones profesionales se encuentran entre los mercados históricos de la energía fotovoltaica. El equipo utilizado en la mayoría de estas aplicaciones funciona con corriente continua, lo que hace que la conexión a la energía fotovoltaica sea sencilla y rentable. El corto tiempo que tardan estos sistemas en fallar es costoso, por lo que la confiabilidad es fundamental. Por otro lado, la modularidad y flexibilidad de los sistemas fotovoltaicos significa que pueden alimentar desde el sistema de telemetría más pequeño hasta los amplificadores de microondas más grandes, a veces colocados en lugares muy remotos y de difícil acceso. (Abella, 2015, pág. 7)

2.5.2.3 Sistemas de bombeo de agua

El bombeo de agua mediante sistemas fotovoltaicos es una solución atractiva para el suministro de agua para granjas, riego o agua potable. Estos sistemas no requieren baterías ni combustible, requieren un mantenimiento mínimo y bombea automáticamente más agua cuando hay más radiación solar y generalmente cuando se necesita más agua. (Abella, 2015, pág. 8)

2.6 Componentes de sistemas fotovoltaicos autónomos

Como se indicó anteriormente, un sistema fotovoltaico autónomo está conformado por 4 componentes esenciales.

2.6.1 Módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico o panel solar está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Estos dispositivos convierten la radiación solar en energía eléctrica limpia mediante el efecto fotovoltaico el cual se realiza cuando una célula o celda se exponen a la radiación solar lo que produce la liberación de electrones, creando corriente continua. (Lorenzo Alonso, 2024)

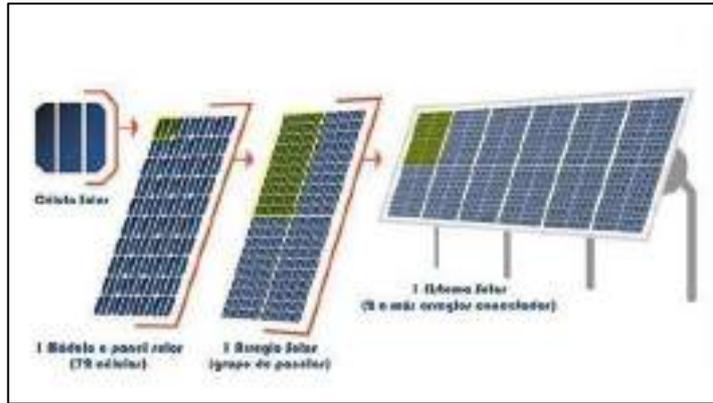


Ilustración 2-16: Estructura de un módulo fotovoltaico

Fuente: Sunwise, 2023

Un panel fotovoltaico está conformado por los siguientes componentes:

- **Celda o célula solar de silicio:** Es la unidad mínima de cualquier panel.
- **Módulos fotovoltaicos:** Son la agrupación de celdas solares conectadas en serie.
- **Arreglo Solar:** Conjunto de módulos fotovoltaicos.
- **Sistema Solar:** dos o más arreglos ensamblados en una estructura y que son interconectados eléctricamente para ser instalados en cualquier sitio. (Sunwise, 2023)

2.6.1.1 Clasificación de paneles solares

Los módulos fotovoltaicos, aunque están fabricados a partir de los mismos elementos, se diferencian mediante la tecnología de obtención de silicio que conforma la célula, por eso se dice que existen diferentes tipos de módulos. Generalmente se suele clasificar en tres tipos que son:

- Monocristalinos
- Policristalinos
- Película delgada

2.6.1.2 Paneles solares monocristalinos

Los paneles solares monocristalinos son actualmente los más utilizados en instalaciones fotovoltaicas en tejados, la principal razón por la cual gente elige este tipo de paneles solares es por su apariencia y su alto grado de eficiencia. Las células solares dentro de los paneles monocristalinos son de color negro sólido, lo que las hace populares entre los propietarios. Para reconocerlos, basta observar la forma de las obleas de silicio, que suelen ser cuadradas con las esquinas biseladas. (Dominguez, 2019)



Ilustración 2-17: Panel monocristalino

Fuente: Mendiola C., 2023

2.6.1.3 Paneles solares policristalinos

Los paneles policristalinos, a veces también son llamados paneles multicristalinos, son populares entre los propietarios que desean instalar paneles solares con un presupuesto limitado.

Normalmente, las células solares de silicio policristalino no tienen esquinas biseladas, por lo que no habrá ningún espacio en blanco visible en la parte frontal del panel, tal cual como lo tendría un panel monocristalino. La forma en que están hechos da a los paneles un color azulado y desigual, que para algunas personas no es de su agrado y también el proceso de fabricación los hace menos eficientes que los monocristalinos. (Dominguez, 2019)

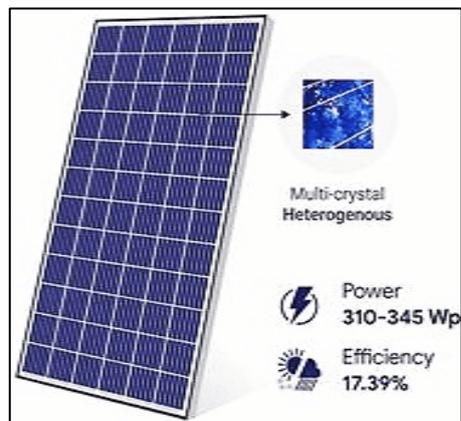


Ilustración 2-18: Panel policristalino

Fuente: Mendiola C., 2023

2.6.1.4 Paneles solares de película delgada

Los paneles solares de película fina son completamente diferentes de los paneles solares monocristalinos y policristalinos, ya que estos son de color negro sólido, sin el contorno habitual de las células de silicio visibles en la superficie de un panel solar cristalino, por lo cual este tipo de paneles son livianos y flexibles, propiedades ideales para facilitar el proceso de instalación.

Las células solares de película fina se utilizan principalmente en instalaciones de gran escala como instalaciones fotovoltaicas, instalaciones industriales o servicios públicos. Esto se debe a su baja

eficiencia en comparación con un policristalino, por lo cual se requiere de más espacio para instalar la cantidad requerida de módulos. Sin embargo, también se pueden utilizar para fines domésticos, como alimentar camiones, barcos o tiendas de campaña. (Dominguez, 2019)



Ilustración 2-19. Panel de película delgada

Fuente: Ecoinvento, 2023

Los diferentes tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, rendimiento directo y tipo de células solares, como se puede observar en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación

| Células | Silicio | Rendimiento directo | Fabricación |
|---|----------------|---------------------|--|
|  | Monocrystalino | 15% – 21% | Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro. |
|  | Policristalino | 12% – 16% | Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización. |
|  | Amorfo | < 10% | Se deposita en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico. |

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 14

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Considerando el tipo paneles solares estos pueden tener ventajas y desventajas sobre cada panel, como se puede apreciar en tabla 2-5.

Tabla 2-5: Ventajas y desventajas de los tipos de paneles solares

| Tipo de panel | Ventajas | Desventajas |
|----------------|---|--|
| Monocrystalino | <ul style="list-style-type: none"> Alta eficiencia Mejor estética | <ul style="list-style-type: none"> Mayor coste Larga esperanza de vida |
| Policristalino | <ul style="list-style-type: none"> Menor coste | <ul style="list-style-type: none"> Menor eficiencia Peor estética |

| | | |
|--------|---|--|
| Amorfo | <ul style="list-style-type: none"> • Flexible y ligero • Mejor estética | <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia muy baja • Corta esperanza de vida |
|--------|---|--|

Fuente: Domínguez J., 2019

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

2.6.2 Baterías de almacenamiento

En los sistemas fotovoltaicos las baterías o acumuladores son elementos que se utilizan principalmente como sistemas de almacenamiento de energía debido a la variación de tiempo que puede ocurrir entre los períodos de generación de energía y otros períodos de consumo, permitiendo que opere con la carga almacenada, cuando el propio sistema no puede generar suficiente energía para satisfacer la demanda. (Abella, 2015)

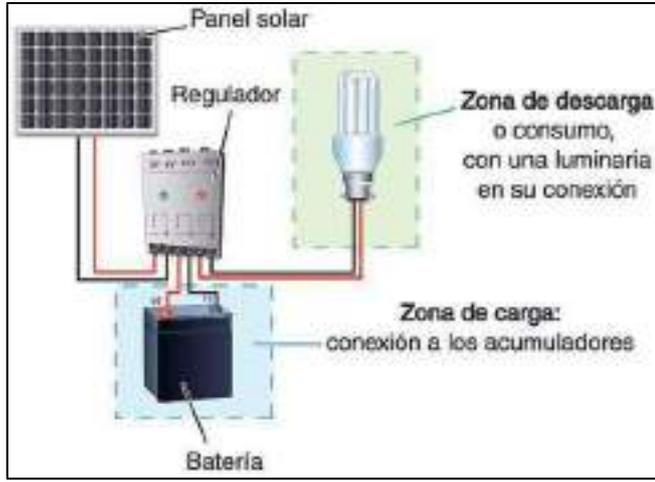


Ilustración 2-20: Conexión de la batería en una instalación fotovoltaica

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 21

Además, también se pueden utilizar para otros fines, como estabilizadores de tensión o corriente, así como para la corriente de alimentación alcanza un pico, por ejemplo, el arranque de un motor o bomba. Las baterías se utilizan habitualmente en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos fuera de la red y no suelen utilizarse en sistemas conectados a la red. La batería es un dispositivo que puede convertir energía química en energía eléctrica. (Abella, 2015)

Las actividades que realiza la instalación fotovoltaica serán las siguientes:

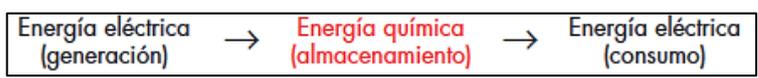


Ilustración 2-21: Estructura de un módulo fotovoltaico

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 21

La batería se carga a partir de la energía generada por los paneles solares y regulada a través del controlador de carga y puede suministrar energía a la salida de la instalación donde se utilizará la batería. La batería de un sistema fotovoltaico realiza tres tareas:

- Almacenar la energía durante un determinado número de días.

- Proporcionar alta potencia de manera instantánea.
- Fijar el voltaje de funcionamiento de la instalación.

Uno de los parámetros más importantes que tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es la capacidad. Las baterías se clasifican según la tecnología de fabricación y los electrolitos utilizados. En la tabla 2-6 podemos comparar los principales tipos de baterías disponibles en el mercado debido a sus características clave.

Tabla 2-6: Características principales de los diferentes tipos de baterías

| Tipo de batería | Tensión por vaso | Tiempo de recarga | Autodescargas por mes | N° de ciclos | Precio |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|--------------|--------|
| Plomo – ácido | 2 | 8 – 16 horas | < 5% | Medio | Bajo |
| Níquel – cadmio | 1,2 | 1 horas | 20 % | Elevado | Medio |
| Níquel – metal híbrido | 1,2 | 2 – 4 horas | 20 % | Medio | Medio |
| Ión de litio | 3,6 | 2 – 4 horas | 6 % | Bajo | Alto |

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 22

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

En la ilustración 2-22 se puede observar los distintos tipos de baterías que hay en el mercado.



Ilustración 2-22: Diferentes tipos de baterías para sistemas fotovoltaico

Fuente: Tritec Intervento, 2020

La capacidad (Ah) de un grupo de baterías conectadas es igual a la capacidad de cada uno de sus componentes. Si las baterías están conectadas en paralelo, se sumará la capacidad de sus celdas. La capacidad de batería requerida de un sistema fotovoltaico se calcula en función del consumo de batería del sistema y los días de funcionamiento. Por otro lado, es importante elegir el tamaño adecuado de la batería para el sistema fotovoltaico, ya que exceder la capacidad relación de la batería y sistema fotovoltaico puede dificultar la carga completa de la batería. Por el contrario, una baja capacidad de la batería conlleva una escasa autonomía y riesgo de apagones en ausencia de radiación solar.

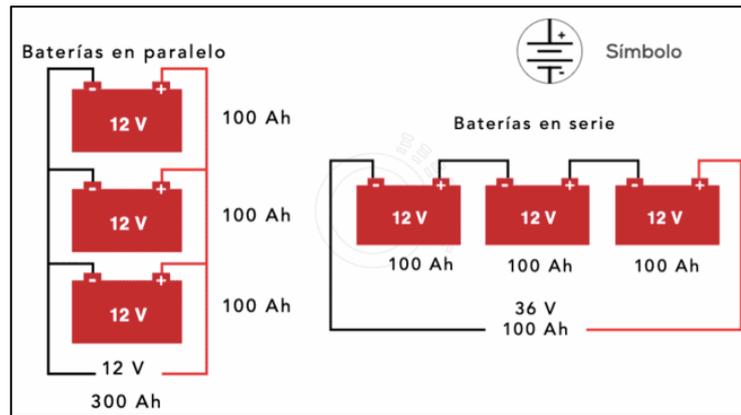


Ilustración 2-23: Conexión de un banco de baterías

Fuente: Hernández S., 2023

2.6.3 Regulador de carga

Los reguladores son dispositivos electrónicos que monitorean o regulan el voltaje en el sistema de baterías, ya que este elemento evita la sobrecarga de la batería del panel fotovoltaico y también protege la batería de una descarga excesiva. El regulador de carga continuamente monitoreando el voltaje en el sistema de batería y es responsable de reducir o detener la corriente de carga cuando la batería está completamente cargada. Por el contrario, si la batería está demasiado descargada, esto tiende a cortar o abrir la corriente. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 47)

Por tanto, el regulador opera en ambas áreas. En la parte de carga, su tarea es asegurar que la batería esté correctamente cargada y evitar la sobrecarga, y en la parte de descarga, asegurar un suministro de energía diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería, tal como se observa en la ilustración 2-20. (Díaz Corcobado y Carmona Rubio, 2018, pág. 19)

Dado que los paneles solares tienen un voltaje nominal mayor al de batería, el regulador evita que se produzcan sobrecargas. La razón por la cual el voltaje nominal de los paneles es así, se debe principalmente a dos razones:

- Reduce las caídas de presión que pueden ocurrir debido al aumento de temperatura.
- Asegúrese de que la batería esté cargada correctamente.

Para hacer esto, el voltaje V_{OC} del panel debe ser mayor que el voltaje nominal de la batería. Por cual elegimos instalar energía fotovoltaica de forma que garantice el suministro de energía en las peores condiciones de luz solar. En la Tabla 2-7 se recogen posibles clasificaciones de los tipos de reguladores. (Díaz Corcobado y Carmona Rubio, 2018, pág. 19)

Tabla 2-7: Posibles clasificaciones de los tipos de reguladores, según diversos conceptos

| Concepto | Tipo de regulador |
|----------------------------------|--|
| Según tecnología del interruptor | <ul style="list-style-type: none"> • Relé electromecánico • Estado sólido (MOSFETy IGBT) |

| | |
|---|--|
| Según estrategia de desconexión del consumo | <ul style="list-style-type: none"> • Por tensión • Por algoritmos de cálculo del estado de carga • Por otros algoritmos de gestión de la energía. |
| Según posición del interruptor de control de generación | <ul style="list-style-type: none"> • Serie • Paralelo |

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 19

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas aparecerán:

- Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material de construcción, etc.
- Características eléctricas.
- Normas de seguridad que cumple.

2.6.3.1 Regulador por derivación

También conocidos como controlador Shun, están diseñados solo para sistemas pequeños y evitan que la batería se sobrecargue pasando el exceso a un transistor de potencia que actúa como una resistencia y lo disipa mediante la generación de calor. Estos controladores tienen un disipador de calor para ayudar a disipar el calor generado, suelen contar con un diodo para bloquear el flujo de corriente hacia la batería. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 47)

2.6.3.2 Regulador de una etapa

Estos reguladores evitan que la batería se sobrecargue mediante el uso de un circuito abierto que interrumpe el flujo de corriente hacia la batería. Normalmente, se establece un límite o valor predeterminado para el apagado y otro valor para la recuperación de voltaje. Algunos fabricantes incluyen temporizadores para programar el encendido y apagado de la corriente, y los controladores utilizan sensores en lugar de diodos de bloqueo para evitar el retorno de la corriente. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 48)

2.6.3.3 Regulador por desvío

Estos controladores ajustan automáticamente la corriente según el nivel de carga de la batería, descargando parte del exceso a través de una resistencia disipativa. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 48)

2.6.3.4 Controlador PWM

Un controlador PWM, son también conocido como controlador de modulación de amplitud de pulso, es un controlador que reduce el flujo de carga y descarga periódicamente en función de la amplitud, lo que significa que la duración o amplitud de la corriente se reduce de forma parcial del valor ideal o lo apaga si está completamente cargado. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 48)



Ilustración 2-24: Controlador PWM - 20A

Fuente: Proviento Store, 2023

2.6.3.5 Controlador MPPT

Los controladores MPPT son componentes electrónicos más avanzados con convertidores de voltaje que ofrecen beneficios a los sistemas fotovoltaicos. Estos controladores utilizan el exceso de voltaje para convertirlo en corriente, en el entendido de que el voltaje y la corriente diferirán de los valores de salida. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 48)



Ilustración 2-25: Controlador de carga MPPT de 60A

Fuente: Proviento Store, 2023

2.6.4 Inversor de corriente

Un inversor es un componente electrónico que tiene como principal función es convertir la energía de corriente continua en corriente alterna con una frecuencia de 50 o 60 Hz. Este es un elemento muy imprescindible en las instalaciones fotovoltaicas autónomas, porque la mayoría de las cargas que deben soportar están alimentadas con corriente alterna.

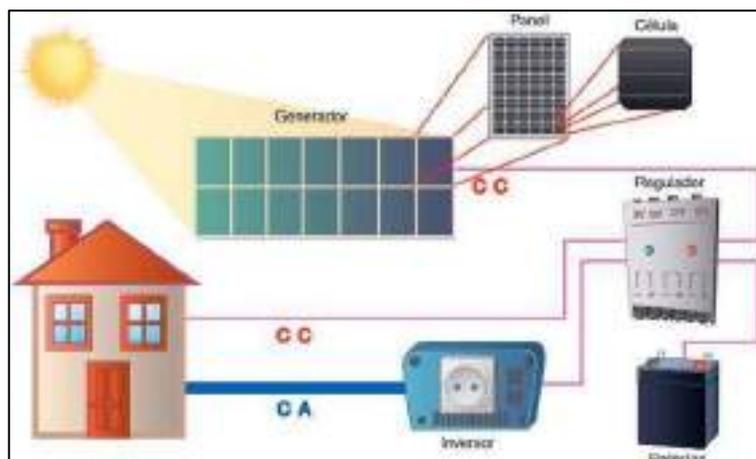


Ilustración 2-26: Sistema fotovoltaico de instalación autónoma con inversor

Fuente: Díaz Corcobado T. y Carmona Rubio G., 2018, pág. 24

Los inversores alimentados por red se denominan inversores interactivos y se utilizan tanto en centrales eléctricas principalmente en zonas residenciales. El principio del método de conversión se implementa mediante el uso de un transistor básico para cambiar la polaridad de positiva a negativa con una corriente constante que dura 60 veces por segundo, creando una onda cuadrada que simula una onda sinusoidal. Luego se usa un transformador para aumentar o disminuir el voltaje según la cantidad de vueltas de cable necesarias para proporcionar el voltaje de corriente alterna requerido para la instalación. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 50)



Ilustración 2-27: Tipos de ondas generadas por el inversor

Fuente: Alonso Lorenzo J., 2024

2.6.4.1 Inversores de Onda Cuadrada

Estos inversores convierten la entrada corriente continua en corriente alterna mediante una señal de onda cuadrada, pero carecen de un control de salida, por lo cual tienen una muy baja potencia, siendo adecuados para cargas simples como pequeños electrodomésticos o bombillas. Tienen a quemarlos. Además, mantiene un umbral de pico bajo y una distorsión armónica alta. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 51)

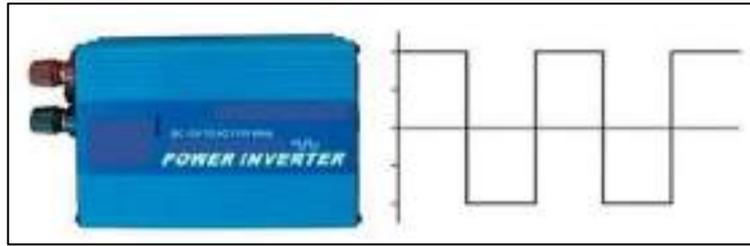


Ilustración 2-28: Inversor de Onda Cuadrada

Fuente: Energy DC/AC, 2023

2.6.4.2 *Inversores de Onda Cuadrada Modificada*

Los inversores de onda cuadrada modificados utilizan transistor FET o rectificadores de silicio, también conocidos como tiristores, para convertir corriente continua en corriente alterna. Admiten una gama más amplia de cargas, como motores, luces y televisores pequeños, con capacidad de corriente máxima de baja distorsión. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 51)



Ilustración 2-29: Inversor de Onda Cuadrada Modificada

Fuente: Energy DC/AC, 2023

2.6.4.3 *Inversores de onda sinusoidal pura*

Estos inversores son mucho más modernos y están diseñados para soportar cargas residenciales incluso equipos con alta sensibilidad, poseen una gran capacidad para soportar arranques pico de cargas al mismo tiempo y generar muy poca distorsión. (Villegas Tapia y Alcívar Tello, 2020, pág. 51)



Ilustración 2-30: Inversor de Onda Sinusoidal Pura

Fuente: Impinvt US, 2023

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo describe de manera detallada el proceso de diseño y selección de los diversos componentes de un sistema de riego por aspersión. De esta manera, desde la determinación de los requerimientos del usuario hasta la implementación del sistema, se proporciona la metodología utilizada para el desarrollo detallado de cada punto necesario para el diseño del sistema, que incluye el análisis de diversos parámetros que pueden afectar el sistema. Seleccionamos un sistema de riego adecuado en función parámetros y detalles de los materiales a ser implementado.

3.1 Metodología para la selección de las características del producto

3.1.1 *Matriz QFD*

El despliegue de la función de calidad o QFD, (por sus siglas inglesas) es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias (Yacuzzi y Martín, 2003).

Para la elaboración de una matriz QFD, el ingeniero debe conocer la voz del cliente, que da a conocer las características y requerimientos del producto, y estos criterios deben traducirse e interpretarse técnicamente. Por último, se evalúan los criterios técnicos para determinar cuáles tienen un mayor impacto en el diseño.

3.1.2 *Metodología para el desarrollo de la casa de la calidad*

Utilizando los criterios y necesidades del usuario, se obtienen los parámetros de la voz del usuario y la voz del ingeniero, donde el primer parámetro representa las necesidades existentes, mientras que el segundo parámetro representa las necesidades existentes y los parámetros técnicos.

Tabla 3-1: Análisis de competencia

| Nº | Denominación | Diseño | Competencia | Competencia |
|----|----------------------------|--------|-------------|-------------|
| 1 | Económico | 4 | 1 | 2 |
| 2 | Facilidad de instalación | 3 | 2 | 2 |
| 3 | Facilidad de mantenimiento | 4 | 3 | 4 |
| 4 | Consumo mínimo | 5 | 2 | 3 |
| 5 | Uniformidad de riego | 5 | 4 | 3 |
| 6 | Repuestos accesibles | 4 | 4 | 3 |
| 7 | Presión adecuada | 4 | 4 | 3 |
| 8 | Automatización y control | 3 | 2 | 2 |
| 9 | Durabilidad | 3 | 4 | 3 |
| 10 | Facilidad de operación | 4 | 4 | 5 |
| 11 | Espacio adecuado | 4 | 3 | 4 |

| | | | | |
|----|---------------------|---|---|---|
| 12 | Comodidad | 4 | 4 | 4 |
| 13 | Pocas piezas | 4 | 3 | 2 |
| 14 | Energías renovables | 5 | 3 | 2 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Según el análisis competitivo los puntos de enfoque para ser competitivos son la uniformidad en el riego, repuestos accesibles, facilidad de mantenimiento y operación con relación a las marcas posicionadas en el mercado. Es importante intentar cumplir con los requerimientos del usuario. Para la elaboración de una matriz QFD, el ingeniero debe conocer la voz del cliente, que da a conocer las características y requerimientos del producto, y estos criterios deben traducirse e interpretarse técnicamente. Por último, se evalúan los criterios técnicos para determinar cuáles tienen un mayor impacto en el diseño.

3.1.3 Voz del usuario (VOC)

- Fácil manejo del sistema
- Durabilidad
- Económico
- Eficiencia energética
- Facilidad de instalación
- Facilidad de dar mantenimiento
- Acceso sencillo a repuestos
- Ocupar el espacio mínimo
- El consumo de agua que sea lo mínimo
- Uniformidad en distribuir el agua en todo el campo

3.1.4 Voz del ingeniero

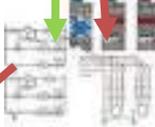
- Fácil la instalación
- Seguridad en el usuario
- Fácil de dar mantenimiento
- Repuestos que sea accesibles
- El caudal del aspersor
- Presión adecuada en operación
- Automatización y control

3.1.5 Diseño conceptual

3.1.5.1 Matriz morfológica

La matriz morfológica permite de una herramienta que permite evaluar y explorar diferentes combinaciones de soluciones para cada componente o función del sistema. Lo cual permite al diseñador combinar ciertas características que hacen la diferencia entre uno y otro diseño, así se muestra en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Matriz morfológica

| Función | Componente | | |
|-------------------------|---|---|---|
| Fuente de agua | Cisterna | Tanque de almacenamiento | Red publica |
| |  |  |  |
| Sistema de bombeo | Bomba centrífuga | Bomba de desplazamiento | Bomba sumergible |
| |  |  |  |
| Tipos de tuberías | Manguera flexible | PVC | Polietileno |
| |  |  |  |
| Método de riego | Goteo | Aspersión | Microaspersión |
| |  |  |  |
| Control de riego | Manual | Temporizador | Automatización con sensores |
| |  |  |  |
| Energía para el sistema | Energía fotovoltaica | Energía eléctrica | Energía eólica |
| |  |  |  |
| Monitoreo sensores | Sensor de humedad | Sensor de flujo | Sin sensores |
| |  |  | |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.1.6 Evaluación de alternativas

| Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Cisterna• Bomba centrífuga• PVC• Aspersores• Automatización con aspersores• Energía solar fotovoltaica• Sensor de humedad | <ul style="list-style-type: none">• Tanque de almacenamiento• Bomba Sumergible• PVC• Aspersores• Temporizador• Energía solar fotovoltaica• Sin sensores | <ul style="list-style-type: none">• Red publica• Bomba de desplazamiento• Polietileno• Aspersores• Manual• Energía solar fotovoltaica• Sensor de flujo |

Ilustración 3-1: Alternativas para el diseño del sistema de riego

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.1.6.1 Alternativa 1: Sistema Automatizado con Cisterna y Control de Humedad

Riego automatizado sistema mediante una cisterna como fuente de agua y una bomba centrífuga para la distribución a través de tubos de PVC. El riego es desde a poderse mediante un sistema de control automatizado con sensores de humedad, resultando en el riego que se puede activar cuando sea necesario. Esta opción evita el desperdicio de agua a través de la compensación del exceso de agua que deja caer los aspersores sin necesidad. Adicionalmente, el riego excesivo puede confirmarse a petición a pesar ¿extracción de información forestal? de la temporización. el riego es impulsado por energía solar fotovoltaico lo que lo convierte en una alternativa automática/electrónica sostenible. Por lo tanto, esta alternativa automatizada es más conveniente ya que elimina el agua atenta a largo plazo a y la proporción elevada que posteriormente se espera la extracción de agua del bosque.

3.1.6.2 Alternativa 2: Sistema Semi-Automatizado con Temporizador y Tanque de Almacenamiento

Este sistema semi-automatizado utiliza un tanque de almacenamiento como fuente de agua y una bomba sumergible para distribuir el agua a través de tuberías de PVC. Los aspersores se controlan mediante un temporizador, lo que permite programar el riego en horarios específicos. Al igual que la alternativa anterior, este sistema se alimenta con energía solar fotovoltaica, pero no incluye sensores, lo que reduce su complejidad y costo. Esta opción es adecuada para situaciones donde el riego puede programarse en intervalos fijos, sin la necesidad de un monitoreo constante de la humedad.

3.1.6.3 Alternativa 3: Sistema Manual con Red Pública y Sensor de Flujo

Esta alternativa es la más simple y económica, ya que se basa en la conexión a la red pública de agua y utiliza una bomba de desplazamiento para mover el agua a través de tuberías de polietileno

hacia los aspersores. El sistema de riego es manual, por lo que requiere intervención humana para activarse, y cuenta con un sensor de flujo para monitorear el caudal. La energía solar fotovoltaica se utiliza para alimentar el sensor de flujo, proporcionando un sistema básico de monitoreo sin automatización. Esta alternativa es ideal para áreas donde el riego puede realizarse de manera manual y no se requiere un sistema de riego constante.

Cada alternativa ofrece diferentes niveles de automatización, control y uso de energía solar, adaptándose a distintas necesidades y presupuestos para el riego sostenible de áreas verdes en la cancha de la carrera de mecánica.

3.1.6.4 *Funcionalidad*

La funcionalidad de este sistema automatizado es alta, ya que permite el riego de las áreas verdes de manera automática y precisa. La cisterna garantiza una fuente de agua constante, mientras que la bomba centrífuga asegura una presión adecuada para el funcionamiento de los aspersores.

3.1.6.5 *Ergonomía*

La ergonomía de este sistema es excelente, ya que la automatización reduce al mínimo la necesidad de intervención humana. Solo se requiere mantenimiento periódico, como la limpieza de filtros, revisión de la bomba y la verificación de los sensores.

3.1.6.6 *Costo*

La inversión inicial en este sistema es mayor en comparación con alternativas manuales o semi-automatizadas, debido al uso de sensores, energía solar fotovoltaica, y una bomba centrífuga de calidad.

3.1.6.7 *Seguridad*

La seguridad del sistema es fundamental, ya que involucra componentes eléctricos y mecánicos, además de operar con agua.

3.1.6.8 *Eficiencia*

Este sistema es altamente eficiente, ya que el uso de sensores de humedad garantiza que el agua solo se aplique cuando el suelo lo necesita. Esto contribuye a un consumo responsable y óptimo de los recursos hídricos.

En conclusión, la Alternativa 1 es una solución completa y sostenible, ideal para áreas que requieren un riego eficiente y un consumo responsable de recursos. Aunque tiene un mayor costo inicial, su eficiencia y reducción de intervención humana la hacen una opción favorable en términos de sostenibilidad y comodidad.

Tabla 3-3: Resumen de análisis de aspectos de alternativa 1

| Aspecto | Ventajas | Limitaciones |
|----------------|--|--|
| Funcionalidad | Activación automática por humedad, uso eficiente del agua. | Dependencia de sensores y energía solar. |

| | | |
|------------|---|---|
| Ergonomía | Minimiza intervención humana y fácil mantenimiento. | Requiere conocimientos específicos para la instalación y calibración. |
| Costo | Ahorro a largo plazo en agua y energía, sostenibilidad por energía solar | Inversión inicial elevada y costos de mantenimiento de sensores y bomba. |
| Eficiencia | Riego preciso y eficiente, aprovechamiento de energía renovable. | Dependencia de condiciones climáticas para la energía solar; posibilidad de baja eficiencia si fallan los sensores. |
| Seguridad | Minimiza el riesgo de accidentes por manejo manual y protecciones de los componentes electrónicos | Necesidad de precauciones durante la instalación y el mantenimiento. Protección contra la intemperie |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.2 Diseño del sistema hidráulico

3.2.1 Selección de aspersores

La selección de los aspersores se realizó en función del plano del terreno, el cual se dividió en cuatro áreas o sectores de riego. Esta metodología permite realizar un estudio más detallado y distribución más eficiente de la red de tubería, a su vez un aprovechamiento óptimo de la bomba a seleccionar posteriormente. La distribución de las áreas se puede observar en la ilustración 3-2.

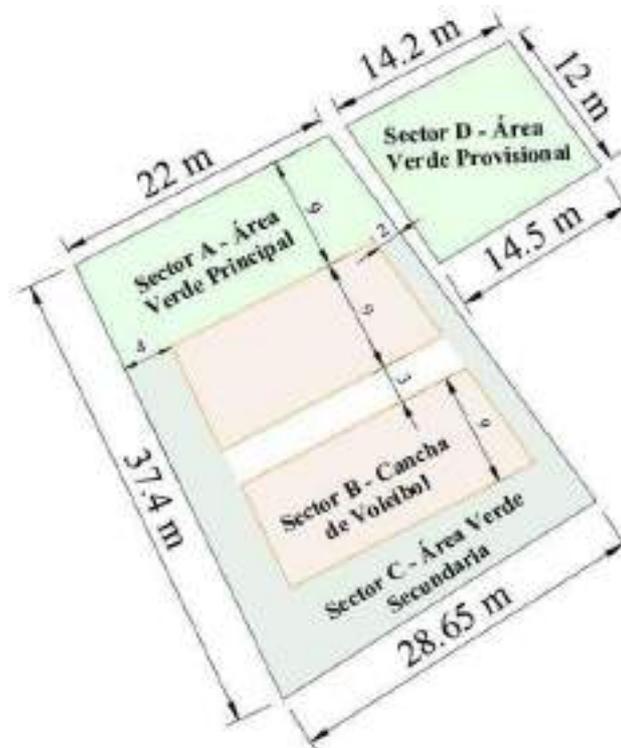


Ilustración 3-2: Plano de las áreas de riego del terreno

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

La selección de los aspersores se realizó considerando parámetros importantes como el radio de aspersión, el solapamiento entre aspersores y optimización del uso del agua. Como resultado, se obtuvo la distribución de aspersores que se puede observar en la lustración 3-3.

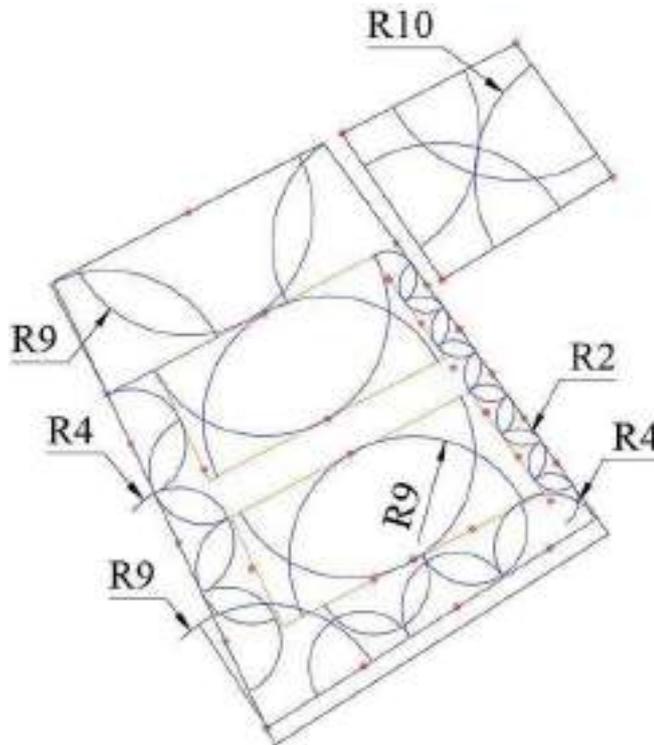


Ilustración 3-3: Distribución de aspersores y difusores

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Por consiguiente, seleccionamos el modelo de los aspersores y difusores en función de un catálogo existentes en el mercado, en Ecuador, los catálogos disponibles son de las marcas Hunter y Irritrol. Se determinó que los aspersores de rotor y difusores deben ser de ½ in debido a la distribución de aspersores anteriormente realizada y aprobado por el tutor, además del caudal recomendado por el fabricante para su óptimo funcionamiento, como se puede observar en la ilustración 3-4 y la ilustración 3-5.

| DATOS DE RENDIMIENTO DE LAS BOQUILLAS ESTÁNDAR PS ULTRA | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|---|---------------|-----------------|--|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|----|----|
| Sector | Presión Psi | 8A 2.4 Amperado Aplicador de 17" a 300" Sectorial 17" | | | 10A 3.0 Amperado Aplicador de 17" a 300" Trayectoria 17" | | | Radio in | Caudal GPM | Flujo gph/ft | | |
| | | Radio in | Caudal GPM | Flujo gph/ft | Radio in | Caudal GPM | Flujo gph/ft | | | | | |
| 45° | 10 | 149 | 2.0 | 0.04 | 0.02 | 77 | 80 | 2.5 | 0.04 | 0.24 | 49 | 56 |
| | 15 | 190 | 2.2 | 0.04 | 0.72 | 72 | 81 | 2.6 | 0.05 | 0.83 | 49 | 57 |
| | 2.1 | 230 | 2.4 | 0.08 | 0.89 | 63 | 73 | 2.8 | 0.08 | 0.94 | 49 | 56 |
| | 2.5 | 210 | 2.6 | 0.05 | 0.51 | 63 | 73 | 3.2 | 0.06 | 1.06 | 49 | 56 |
| 3.0 | 160 | 2.9 | 0.05 | 1.01 | 59 | 68 | 3.5 | 0.07 | 1.18 | 47 | 54 | |
| 90° | 10 | 188 | 2.0 | 0.07 | 1.24 | 77 | 88 | 2.9 | 0.04 | 1.25 | 49 | 56 |
| | 15 | 190 | 2.2 | 0.09 | 1.44 | 72 | 81 | 2.8 | 0.05 | 1.81 | 49 | 57 |
| | 2.1 | 230 | 2.4 | 0.10 | 1.65 | 63 | 73 | 3.0 | 0.11 | 1.89 | 49 | 56 |
| | 2.5 | 210 | 2.6 | 0.11 | 1.82 | 63 | 73 | 3.2 | 0.13 | 2.11 | 48 | 55 |
| 3.0 | 160 | 2.9 | 0.12 | 2.03 | 59 | 68 | 3.5 | 0.14 | 2.37 | 47 | 54 | |
| 120° | 10 | 180 | 2.0 | 0.09 | 1.64 | 77 | 88 | 2.6 | 0.11 | 1.80 | 49 | 56 |
| | 15 | 190 | 2.2 | 0.11 | 1.82 | 72 | 81 | 2.8 | 0.13 | 2.14 | 49 | 57 |
| | 2.1 | 230 | 2.4 | 0.12 | 2.09 | 63 | 73 | 3.0 | 0.15 | 2.62 | 49 | 56 |
| | 2.5 | 210 | 2.6 | 0.14 | 2.41 | 63 | 73 | 3.2 | 0.17 | 2.82 | 48 | 55 |
| 3.0 | 160 | 2.9 | 0.16 | 2.69 | 59 | 68 | 3.5 | 0.19 | 3.16 | 47 | 54 | |
| 180° | 10 | 180 | 2.0 | 0.16 | 3.49 | 77 | 88 | 2.6 | 0.16 | 3.75 | 49 | 56 |
| | 15 | 190 | 2.2 | 0.17 | 3.91 | 72 | 81 | 2.8 | 0.19 | 4.21 | 49 | 57 |
| | 2.1 | 230 | 2.4 | 0.20 | 4.26 | 63 | 73 | 3.0 | 0.23 | 4.78 | 49 | 56 |
| | 2.5 | 210 | 2.6 | 0.22 | 4.60 | 63 | 73 | 3.2 | 0.25 | 4.23 | 48 | 55 |
| 3.0 | 160 | 2.9 | 0.24 | 4.98 | 59 | 68 | 3.5 | 0.28 | 4.73 | 47 | 54 | |

Ilustración 3-4: Catálogo Hunter de difusores de ½ in

Fuente: Hunter, 2024, pág. 67

| PGJ - DATOS DE RENDIMIENTO | | | | | | | |
|----------------------------|---------|-----|------------|-------------------|-------|------------|----|
| Boquilla | Presión | | Radio m | Caudal | | Pluv. mm/h | |
| | bar | kPa | | m ³ /h | l/min | ■ | ▲ |
| 0,50 | 1,7 | 170 | 4,3 | 0,08 | 1,4 | 9 | 11 |
| | 2,0 | 200 | 4,3 | 0,09 | 1,6 | 10 | 12 |
| | 2,5 | 250 | 4,6 | 0,11 | 1,8 | 10 | 12 |
| | 3,0 | 300 | 4,6 | 0,12 | 2,0 | 12 | 13 |
| | 3,5 | 350 | 4,9 | 0,13 | 2,2 | 11 | 13 |
| | 3,8 | 380 | 4,9 | 0,14 | 2,3 | 12 | 14 |
| 2,0 | 1,7 | 170 | 7,0 | 0,34 | 5,6 | 14 | 16 |
| | 2,0 | 200 | 7,3 | 0,37 | 6,2 | 14 | 16 |
| | 2,5 | 250 | 7,3 | 0,42 | 7,1 | 16 | 18 |
| | 3,0 | 300 | 7,6 | 0,48 | 8,0 | 17 | 19 |
| | 3,5 | 350 | 7,6 | 0,53 | 8,8 | 18 | 21 |
| | 3,8 | 380 | 7,9 | 0,56 | 9,3 | 18 | 20 |
| 3,0 | 1,7 | 170 | 8,8 | 0,51 | 8,5 | 13 | 15 |
| | 2,0 | 200 | 9,1 | 0,56 | 9,3 | 13 | 15 |
| | 2,5 | 250 | 9,1 | 0,64 | 10,6 | 15 | 18 |
| | 3,0 | 300 | 9,4 | 0,72 | 12,0 | 16 | 19 |
| | 3,5 | 350 | 9,4 | 0,78 | 13,1 | 18 | 20 |
| | 3,8 | 380 | 9,8 | 0,82 | 13,7 | 17 | 20 |

Nota:

Todas las tasas de precipitación están calculadas para funcionar a 180°. Para la tasa de precipitación de un aspersor de 360°, dividir entre 2.

Ilustración 3-5: Catálogo Hunter de aspersores de ½ in

Fuente: Hunter, 2024, pág. 17

La selección de los difusores se determinó que deberían cubrir áreas menores a 4 metros debido alto consumo de agua. Además, se consideró el sector o ángulo de aspersión indicado en la distribución de aspersores y difusores, que se puede apreciar en la ilustración 3-4. Por consiguiente, se seleccionó los siguientes difusores que se encuentra en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Datos del rendimiento de los difusores PS de ½ in

| Modelo | Boquilla | Radio (m) | Caudal (L/min) | Presión (m.c.a.) |
|--------|----------|--------------|-------------------|---------------------|
| PSU-04 | 8A | 2,0 | 2,49 | 10,2 |

Fuente: Hunter, 2024, pág. 67

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024



PSU-04

Altura total: 18 cm
Altura emergente: 10 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Tamaño de la entrada: ½"

Ilustración 3-6: Difusor PSU – 04

Fuente: Hunter, 2024, pág. 66

La selección de los aspersores se determinó que deberían cubrir áreas iguales o mayores a 4 metros. Además, se consideró el sector o ángulo de aspersión indicado en la distribución de aspersores y difusores, que se puede apreciar en la ilustración 3-5. Por consiguiente, se seleccionó los siguientes aspersores que se encuentra en la tabla 3-5.

Tabla 3-5: Datos del rendimiento de los aspersores PGJ de ½ in

| Modelo | Boquilla | Radio (m) | Caudal (L/min) | Presión (m.c.a.) |
|--------|----------|-----------|----------------|------------------|
| PGJ-04 | 0,5 | 4,3 | 1,40 | 17,35 |
| | 2,0 | 7,0 | 5,60 | 17,35 |
| | 3,0 | 8,8 | 8,50 | 17,35 |
| | 3,0 | 9,1 | 9,30 | 20,40 |

Fuente: Hunter, 2024, pág. 17

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024



PGJ-04

Altura total: 18 cm
Altura emergente: 10 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Tamaño de entrada: ½"

Ilustración 3-7: Aspersores PGJ – 04

Fuente: Hunter, 2024, pág. 16

3.2.2 Selección de tuberías

Los dos tipos de tuberías más comunes utilizados en los sistemas de riego por aspersión son las tuberías de polietileno (PVC) y las tuberías de polietileno (PE). Mida y dimensione la tubería. Asegúrese de que el tubo sea un poco más largo para evitar derrames. Cuente y registre el número de conexiones principales y secundarias por tamaño y tipo. (Hunter Industries Incorporated, 2013, pág. 7-8)

Tabla 3-6: Dimensiones de la tubería según el flujo

| Coeficientes de Flujo Máximos para la Tubería | | | |
|---|----------------------|---------------------|---------------------|
| Diámetro de la tubería | Pared delgada de PVC | Pared gruesa de PVC | Tubo de Polietileno |
| 20 mm | 34 l/min | 38 l/min | 30 l/min |
| 25 mm | 57 l/min | 60 l/min | 50 l/min |
| 32 mm | 91 l/min | 99 l/min | 83 l/min |

Fuente: Hunter Industries Incorporated, 2013, pág. 7

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.2.2.1 Selección de la tubería principal

La selección de la tubería principal, se tomó en cuenta el diámetro de acople para la bomba, además de las recomendaciones del catálogo Hunter para la instalación de este tipo de sistemas y las indicaciones técnicas del tutor. El diámetro de la tubería principal es de $\frac{3}{4}$ in, como se puede observar en la tabla 3-7. Además de que el proveedor de los aspersores y difusores indica como realizar las conexiones, como se observa en la ilustración

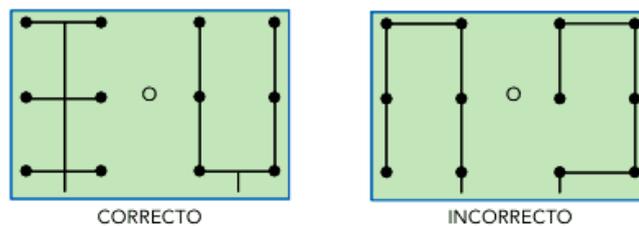


Ilustración 3-8: Conexión de los aspersores con los tubos de PVC

Fuente: Hunter Industries Incorporated, 2013, pág. 7

3.2.2.2 Selección de la tubería secundaria

La selección de la tubería secundaria se tomó en cuenta el diámetro de acople del para los aspersores y difusores, además de las recomendaciones del catálogo Hunter para la instalación de este tipo de sistemas y las indicaciones técnicas del tutor. El diámetro de la tubería secundaria es de $\frac{1}{2}$ in, como se puede observar en la tabla 3-7.

Tabla 3-7: Datos de la tubería de PVC

| DN (mm) | DN (in) | Espesor mínimo (m) | Presión de Trabajo (MPa) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 21,34 | 1/2 | 3,73 | 2,90 |
| 26,67 | 3/4 | 3,91 | 2,34 |

Fuente: Rival, 2018

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.2.3 Selección de la bomba

Para la correcta selección de la bomba se tomará en cuenta dos parámetros: la presión de trabajo y el caudal de funcionamiento para cada sector.

3.2.3.1 Selección de la bomba basado en el caudal

La selección de la bomba, basado en el caudal, se realiza en función del consumo de cada sector de riego, para lo cual se obtuvo la demanda de cada aspersor o difusor. Los aspersores de ½ in tienen los caudales de funcionamiento se presentan en la tabla 3-4 y tabla 3-5.

$$Q_T = N_A \cdot Q_A + N_D \cdot Q_D \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde:

Q_T : Caudal Total del area de aspersión

N_A : Cantidad de aspersores por sector

Q_A : Caudal requerido por el aspersor

N_D : Cantidad de difusores por sector

Q_D : Caudal requerido por el difusor

Sector A – Área Verde Principal

$$Q_T = N_A \cdot Q_A + N_D \cdot Q_D$$

$$Q_T = 3 \cdot (9,30 \text{ L/min})$$

$$Q_T = 27,90 \text{ L/min}$$

Sector B – Chanchas de Voleibol

$$Q_T = N_A \cdot Q_A + N_D \cdot Q_D$$

$$Q_T = 4 \cdot (8,50 \text{ L/min})$$

$$Q_T = 34,00 \text{ L/min}$$

Sector C – Área Verde Secundaria

$$Q_T = N_A \cdot Q_A + N_D \cdot Q_D$$

$$Q_T = (11 \cdot 1,40 \text{ L/min}) + (11 \cdot 2,49 \text{ L/min})$$

$$Q_T = 42,79 \text{ L/min}$$

Sector D – Área Verde Provisional

$$Q_T = N_A \cdot Q_A$$

$$Q_T = 4 \cdot (9,30 \text{ L/min})$$

$$Q_T = 37,20 \text{ L/min}$$

En la siguiente tabla se determina el caudal requerido para cada sector y se selecciona el caudal más crítico, que corresponde al sector C.

Tabla 3-8: Caudal requerido para cada sector

| Sector | Caudal (L/min) |
|--------|----------------|
| A | 27,90 |
| B | 34,00 |
| C | 42,79 |
| D | 37,20 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

El caudal de trabajo requerido es de 43 l/min, por lo cual se realizó una preselección de una bomba jet de 1 HP, con las siguientes características:

Tabla 3-9: Especificaciones técnicas bomba de agua

| Especificaciones de bomba tipo jet | |
|------------------------------------|---------------------|
| Modelo | Barnes |
| Tipo de bomba | Centrífuga |
| Potencia | 1 HP – 750W |
| Amperaje consumo | 10 A |
| Fases | Monofásica |
| Altura máxima | 45 m |
| Flujo máximo | 75 L/min |
| Ciclo de trabajo | 50 minutos por hora |
| Prof. máx. de succión | 9 m |
| Velocidad | 3450 rpm (nominal) |
| Factor de servicio | 1.0 |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Succión - Descarga | 1” NPT - 1” NPT |

Fuente: Barnes, 2018, pág. 1

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Para determinar el rango de operación de la bomba necesitamos la curva de funcionamiento de la bomba, la cual nos brinda información sobre la relación entre la presión (m.c.a.) y el caudal de operación (L/min).

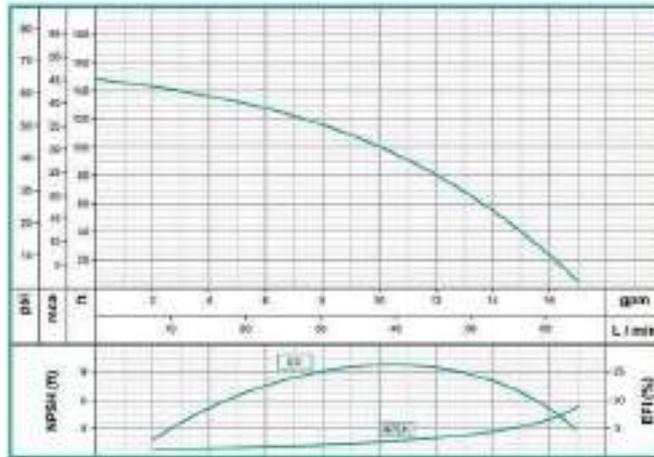


Ilustración 3-9: Curva de operación de la bomba

Fuente: Barnes, 2018, pág. 1

Al comparar el caudal de trabajo requerido para cada sector con el flujo de uso recomendado por la curva de funcionamiento que nos brinda el proveedor de esta bomba, comprobamos que cumple con el caudal de trabajo solicitado.

3.2.3.2 Selección de la bomba basado en la presión

Se realizará el análisis del punto más crítico para cada sector de área de riego total, para lo cual el punto más crítico son los que se encuentran más alejados de la bomba, además de tener pérdidas por longitud de tubería.

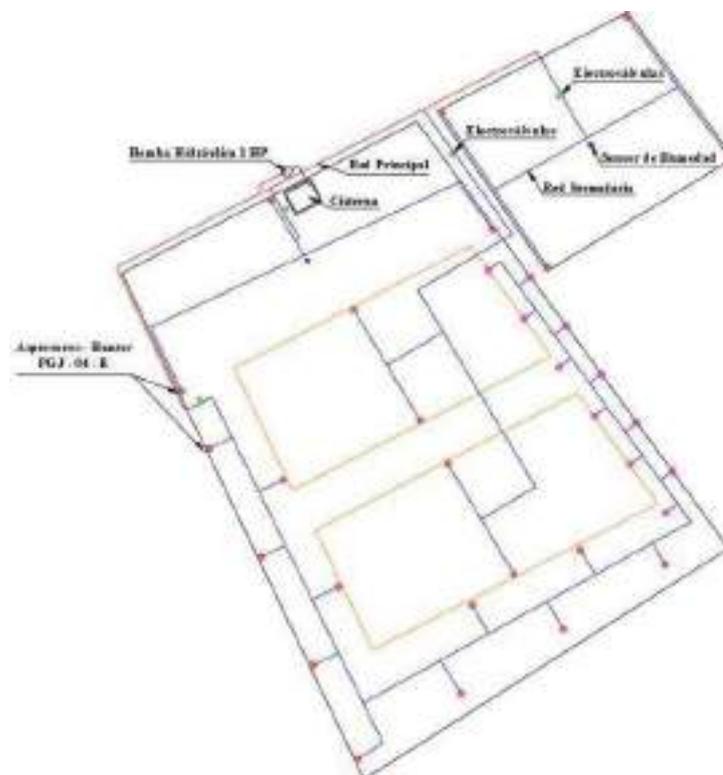


Ilustración 3-10: Esquema de distribución de tubería del sistema de riego

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

La presión necesaria para cada aspersor o difusor, como punto crítico de cada área de riego, se presenta en la tabla 3-10.

Tabla 3-10: Presión necesaria del aspersor crítico para cada área de riego

| Presión necesaria del aspersor crítico (m.c.a.) | | | |
|--|----------|----------|----------|
| A | B | C | D |
| 20,40 | 17,35 | 17,35 | 20,40 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Para determinar la pérdida máxima entre dos puntos es necesario, determinar la presión de cada sector, para ello utilizamos la curva de operación para determinar la presión inicial para cada sector de acuerdo al caudal utilizado para cada sector.

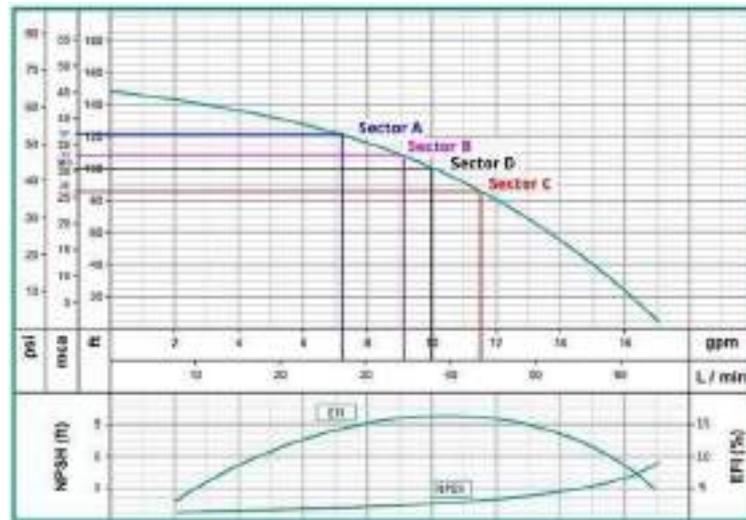


Ilustración 3-11: Presión de operación para cada sector

Fuente: Barnes, 2018, pág. 1

Al relacionar el caudal con la curva de operación, se puede obtener la presión inicial para cada sector, como se muestra en la tabla 3-11.

Tabla 3-11: Presión inicial según la curva de funcionamiento

| Presión inicial de cada sector (m.c.a.) | | | |
|--|----------|----------|----------|
| A | B | C | D |
| 37,00 | 33,00 | 26,00 | 30,50 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

La pérdida máxima entre los dos puntos extremos sirve para dimensionar las pérdidas reales del sistema, la presión inicial se le debe restar la presión del extremo crítico de cada sector, y el valor debe estar en metros de columna de agua, para esto se utilizó la siguiente ecuación 3-2:

$$h_{\max} = \left(\frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_{\text{crítico}}}{\gamma} \right) \text{ mca} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Esta ecuación se aplica a cada sector y la usaremos para determinar la pérdida máxima de cada sector, que resumiremos en la tabla 3-12.

Tabla 3-12: Pérdidas máximas de cada sector

| Presión inicial de cada sector (m.c.a.) | | | |
|--|----------|----------|----------|
| A | B | C | D |
| 16,60 | 15,65 | 8,65 | 10,10 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

El caudal de operación de los aspersores y difusores lo transformaremos.

Tabla 3-13: Caudales de los sectores en m³/s

| Sector | Componente | Caudal | |
|---------------|-------------------|---------------|---------------------|
| | | (L/min) | (m ³ /s) |
| A | Aspersor | 9,30 | 0,0001550 |
| B | Aspersor | 8,50 | 0,0001417 |
| C | Aspersor | 1,40 | 0,0000233 |
| | Difusor | 2,49 | 0,0000415 |
| D | Aspersor | 9,30 | 0,0001550 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Se obtuvo la ecuación de las pérdidas por longitud de tubería de cada sector según sus tramos de tubería y aspersores desde el punto de alimentación de la bomba hasta el punto crítico de cada sector. Como se puede observar en la ilustración 3-12, 3-13, 3-14, 3-15.

Determinamos los tramos por donde va a ver pérdidas y va recorrer el caudal para el sector A, con la ayuda de la ilustración 3-12, con lo cual obtenemos la siguiente ecuación 3-3.

$$h_{OA} + h_{AB} + h_{BC} + h_{C2} \leq h_{\max} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Para aplicamos la siguiente ecuación para determina las pérdidas por longitud de tubería, tanto en la tubería principal y secundaria.

$$h_{\max} = h_{OA} + h_{AB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{D13} + h_{13-14} + h_{14-15} + h_{15-16} \quad \text{Ecuación 3-4}$$

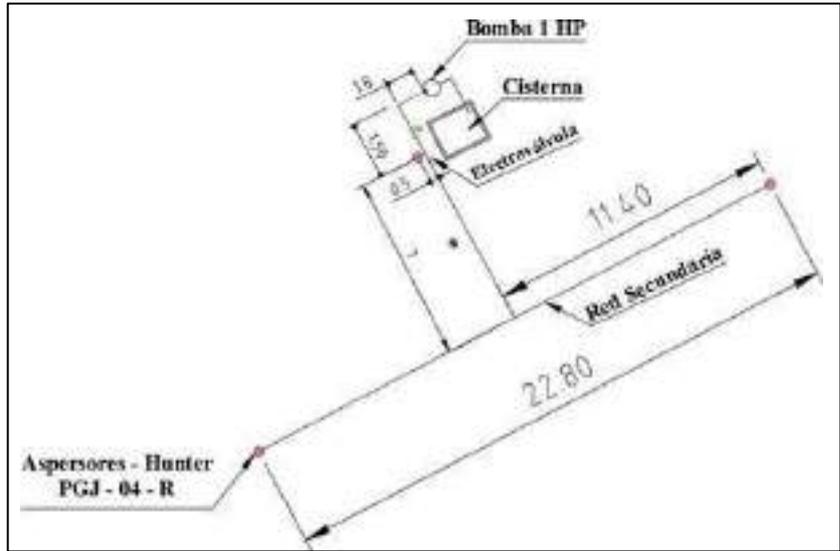


Ilustración 3-12: Esquema del sector A del sistema de riego

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Obtenemos la longitud de la tubería y utilizamos el aspersor crítico (el aspersor más alejado de la bomba) para determinar la ruta crítica, como se puede observar en la tabla 3-14.

Tabla 3-14: Longitud de tubería de la ruta crítica del sector A

| Perdidas por longitud de tubería | | |
|----------------------------------|--------|--------------|
| Tubería | Tramos | Longitud (m) |
| Principal | 0-A | 1,80 |
| Secundaria | A-B | 2,50 |
| | B-C | 7,00 |
| | C-2 | 11,40 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Aplicamos la ecuación para cada tramo y lo resumimos en la tabla 3-15, para lo cual obtenemos una pérdida total de 0.749 metros de columna de agua, la cual es menor a la las pérdidas máximas previstas para este sector.

Tabla 3-15: Perdidas de longitud de tubería del sector A

| Perdidas por longitud de tubería | | |
|----------------------------------|--------|------------------|
| Tubería | Tramos | Perdidas (m.c.a) |
| Principal | 0-A | 0,059583303 |
| Secundaria | A-B | 0,250544311 |
| | B-C | 0,311788476 |
| | C-2 | 0,126942451 |
| Pérdidas totales del sector | | 0,749 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Determinamos los tramos por donde va a ver pérdidas y va recorrer el caudal para el sector B, con la ayuda de la ilustración 3-13, con lo cual obtenemos la siguiente ecuación 3-4.

$$h_{OA} + h_{AB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DE} + h_{EF} + h_{F4} \leq h_{\max}$$

Ecuación 3-5

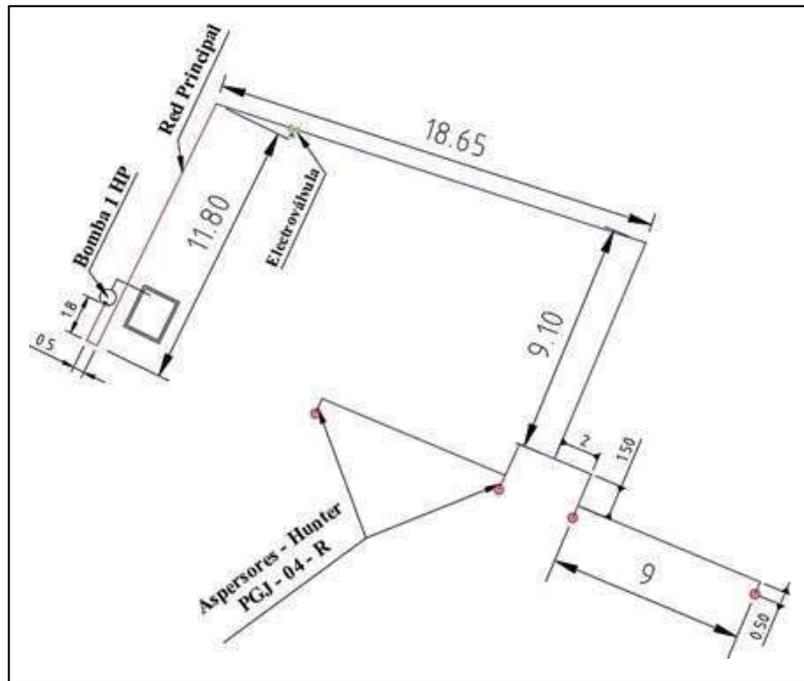


Ilustración 3-13: Esquema del sector B del sistema de riego

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Obtenemos la longitud de la tubería y utilizamos el aspersor crítico (el aspersor más alejado de la bomba) para determinar la ruta crítica, como se puede observar en la tabla 3-16.

Tabla 3-16: Longitud de tubería de la ruta crítica del sector B

| Perdidas por longitud de tubería | | |
|----------------------------------|--------|--------------|
| Tubería | Tramos | Longitud (m) |
| Principal | 0-A | 14,10 |
| Secundaria | A-B | 19,65 |
| | B-C | 9,10 |
| | C-D | 2,00 |
| | D-E | 1,50 |
| | E-F | 9,00 |
| | F-4 | 0,50 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Aplicamos la ecuación para cada tramo y lo resumimos en la tabla 3-17, para lo cual obtenemos una pérdida total de 5.191 metros de columna de agua, la cual es menor a las pérdidas máximas previstas para este sector.

Tabla 3-17: Perdidas de longitud de tubería del sector B

| Perdidas por longitud de tubería | | |
|----------------------------------|--------|------------------|
| Tubería | Tramos | Perdidas (m.c.a) |

| | | |
|------------|------|-------|
| Principal | 0-A | 23,80 |
| Secundaria | A-B | 6,10 |
| | B-C | 4,00 |
| | C-D | 4,00 |
| | D-E | 4,00 |
| | E-F | 4,00 |
| | F-G | 4,00 |
| | G-I | 6,00 |
| | I-J | 4,00 |
| | J-K | 4,00 |
| | K-L | 4,00 |
| | L-M | 4,00 |
| | M-N | 4,50 |
| | N-O | 2,00 |
| | O-P | 2,00 |
| | P-Q | 2,00 |
| | Q-R | 2,00 |
| | R-S | 2,00 |
| | S-T | 2,00 |
| | T-U | 2,00 |
| | U-V | 2,00 |
| V-W | 2,00 | |
| W-22 | 2,00 | |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Aplicamos la ecuación para cada tramo y lo resumimos en la tabla 3-19, para lo cual obtenemos una pérdida total de 5.716 metros de columna de agua, la cual es menor a las pérdidas máximas previstas para este sector.

Tabla 3-19: Pérdidas de longitud de tubería del sector C

| Pérdidas por longitud de tubería | | |
|---|---------------|-------------------------|
| Tubería | Tramos | Pérdidas (m.c.a) |
| Principal | 0-A | 0,960112345 |
| Secundaria | A-B | 0,745019087 |
| | B-C | 0,445134016 |
| | C-D | 0,403749675 |
| | D-E | 0,364384081 |
| | E-F | 0,327037236 |

| | | |
|-----------------------------|------|-------------|
| | F-G | 0,29170914 |
| | G-I | 0,387599688 |
| | I-J | 0,227109192 |
| | J-K | 0,197837341 |
| | K-L | 0,170584238 |
| | L-M | 0,145349883 |
| | M-N | 0,43464302 |
| | N-O | 0,159648492 |
| | O-P | 0,129315279 |
| | P-Q | 0,102175035 |
| | Q-R | 0,078227761 |
| | R-S | 0,057473457 |
| | S-T | 0,039912123 |
| | T-U | 0,025543759 |
| | U-V | 0,014368364 |
| | V-W | 0,00638594 |
| | W-22 | 0,002394727 |
| Pérdidas totales del sector | | 5,716 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Determinamos los tramos por donde va a ver pérdidas y va a recorrer el caudal para el sector D, con la ayuda de la ilustración 3-15, con lo cual obtenemos la siguiente ecuación.

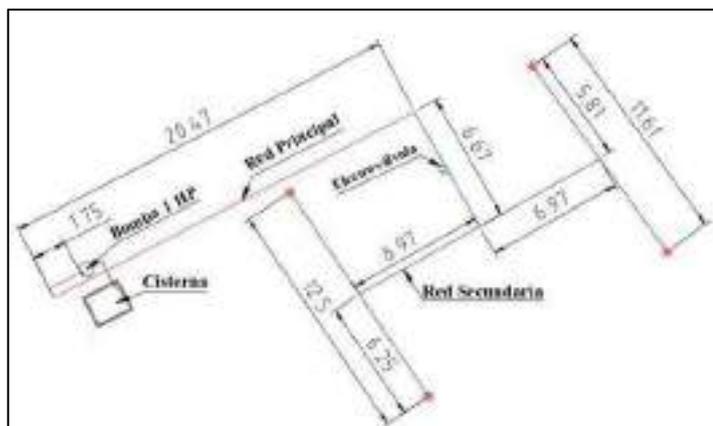


Ilustración 3-15: Esquema del sector D del sistema de riego

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Obtenemos la longitud de la tubería y utilizamos el aspersor crítico (el aspersor más alejado de la bomba) para determinar la ruta crítica, como se puede observar en la tabla 3-20.

Tabla 3-20: Longitud de tubería de la ruta crítica del sector D

| Perdidas por longitud de tubería |
|----------------------------------|
|----------------------------------|

| Tubería | Tramos | Longitud (m) |
|------------|--------|--------------|
| Principal | 0-A | 22,71 |
| Secundaria | A-B | 6,67 |
| | B-C | 7,00 |
| | C-2 | 6,25 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Aplicamos la ecuación para cada tramo y lo resumimos en la tabla 3-18, para lo cual obtenemos una pérdida total de 2.906 metros de columna de agua, la cual es menor a las pérdidas máximas previstas para este sector.

Tabla 3-21: Pérdidas de longitud de tubería del sector D

| Pérdidas por longitud de tubería | | |
|----------------------------------|--------|------------------|
| Tubería | Tramos | Pérdidas (m.c.a) |
| Principal | 0-A | 1,33643142 |
| Secundaria | A-B | 1,188359507 |
| | B-C | 0,311788476 |
| | C-2 | 0,069595642 |
| Pérdidas totales del sector | | 2,906 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Considere factores como la presión y el flujo requeridos, la longitud y el diámetro de la tubería, la altura del cabezal y otros requisitos específicos del proyecto para seleccionar la bomba adecuada para su sistema de riego. Además, la instalación adecuada de la bomba y Selección de accesorios

La selección de los distintos accesorios se tomó en consideración la longitud comercial de las tuberías y los esquemas realizados para cada sector de riego. Para lo cual se presenta en la tabla 3-19 se puede observar los diferentes accesorios para cada sector del esquema realizado en la ilustración 3-9 y determinar el coeficiente de pérdidas por accesorios con la ilustración 3-16.

| DIÁMETRO NOMINAL | | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 160 | 200 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PÉRDIDAS DE CARGA | | (m) | | | | | | | | | | |
| TEE |  | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.50 | 2.20 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 3.60 | 5.00 |
| CODO 90° |  | 1.10 | 1.20 | 1.50 | 2.00 | 3.20 | 3.40 | 3.70 | 3.90 | 4.30 | 5.40 | 5.50 |
| CODO 45° |  | 0.40 | 0.50 | 0.70 | 1.00 | 1.30 | 1.50 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 2.60 | 3.50 |
| CODO 90° L/R |  | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 1.20 | 1.30 | 1.40 | 1.50 | 1.60 | 2.10 | 2.60 |
| CODO 45° L/R |  | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| VÁLVULA CHECK |  | 2.50 | 2.70 | 3.80 | 4.90 | 6.80 | 7.10 | 8.20 | 9.30 | 10.40 | 13.90 | 17.60 |
| VÁLVULA DE BOLA |  | 11.10 | 11.40 | 15.00 | 22.00 | 35.80 | 37.90 | 38.00 | 40.00 | 42.30 | 56.70 | 72.10 |
| VÁLVULA DE COMPUERTA |  | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 0.90 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |

Ilustración 3-16: Pérdidas de fricción en accesorios

Fuente: Rival, 2018

Tabla 3-22: Accesorios para cada sector y el coeficiente K

| Accesorios para cada sector de riego | | | | |
|---|----------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Sector | Elementos | Cantidad | K unitario | K total |
| A | Codo 90° - ¾ in | 1 | 0,90 | 0,90 |
| | Neplo - ¾ in | 1 | 0,08 | 0,08 |
| | Reducción - ¾ a ½ in | 1 | 0,50 | 0,50 |
| | Unión - ½ in | 8 | 0,08 | 0,64 |
| | Codo 90° - ½ in | 3 | 0,90 | 2,70 |
| | Neplo - ½ in | 3 | 0,08 | 0,24 |
| | Tee - ½ in | 2 | 2,00 | 4,00 |
| B | Codo 90° - ¾ in | 2 | 0,90 | 1,80 |
| | Unión - ¾ in | 2 | 0,09 | 0,18 |
| | Tee - ¾ in | 1 | 1,40 | 1,40 |
| | Neplo - ¾ in | 1 | 2,00 | 2,00 |
| | Reducción - ¾ a ½ in | 1 | 0,50 | 0,50 |
| | Unión - ½ in | 9 | 0,08 | 0,72 |
| | Codo 90° - ½ in | 9 | 0,90 | 8,10 |
| | Neplo - ½ in | 4 | 0,08 | 0,32 |
| | Tee - ½ in | 3 | 2,00 | 6,00 |
| C | Codo 90° - ¾ in | 4 | 0,90 | 3,60 |
| | Unión - ¾ in | 5 | 0,08 | 0,40 |
| | Neplo - ¾ in | 1 | 0,08 | 0,08 |
| | Reducción - ¾ a ½ in | 1 | 0,50 | 0,50 |
| | Unión - ½ in | 2 | 0,08 | 0,16 |
| | Neplo - ½ in | 22 | 0,08 | 1,76 |
| | Codo 90° - ½ in | 26 | 0,90 | 23,40 |
| | Tee - ½ in | 21 | 2,00 | 42,00 |
| D | Codo 90° - ¾ in | 3 | 0,90 | 2,70 |
| | Neplo - ¾ in | 1 | 0,08 | 0,08 |
| | Unión - ¾ in | 2 | 0,08 | 0,16 |
| | Reducción - ¾ a ½ in | 1 | 0,50 | 0,50 |
| | Unión - ½ in | 8 | 0,08 | 0,64 |
| | Neplo - ½ in | 4 | 0,08 | 0,32 |
| | Codo 90° - ½ in | 4 | 0,90 | 3,60 |
| | Tee - ½ in | 3 | 2,00 | 6,00 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Para aplicamos la siguiente ecuación para determina las perdidas por accesorios, tanto en la tubería principal y secundaria para los distintos sectores de riego.

$$h_{\text{accesorios}} = \frac{8 \cdot k \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^4} \quad \text{Ecuación 3-8}$$

Aplicamos la ecuación para los distintos sectores y diámetro de tubería, obteniendo la tabla 3-20.

Tabla 3-23: Perdidas por accesorios de cada sector

| Sector | Caudal (L/min) | Tubería | K | $h_{\text{accesorios}}$ |
|--------|----------------|------------|-------|-------------------------|
| A | 27,90 | Principal | 1,48 | 0,05226 |
| | | Secundaria | 7,58 | 0,64935 |
| B | 34,00 | Principal | 5,88 | 0,30840 |
| | | Secundaria | 15,14 | 1,92635 |
| C | 42,79 | Principal | 4,58 | 0,38057 |
| | | Secundaria | 67,32 | 13,57037 |
| D | 37,20 | Principal | 3,44 | 0,21596 |
| | | Secundaria | 10,56 | 1,60824 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.2.4 Diseño del tanque de almacenamiento de agua

3.2.4.1 Cálculo del volumen del tanque

El volumen de la cisterna se determina en función del consumo de cada área de aspersión. Para ello, se obtuvo la demanda de cada aspersor de cada área, como se observar en la tabla 3-8. Además, se tomó en cuenta un factor de seguridad y el volumen mínimo que debe tener el tanque. Para cada área de aspersión, se realizará el riego durante una hora, siendo el caso más crítico para el sistema. En la siguiente tabla se determina el volumen requerido para cada sector de riego en una hora de aspersión.

Tabla 3-24: Datos del caudal y volumen de agua requerido para cada área de riego

| Sector | Caudal | Volumen | |
|--------|---------|---------|----------------|
| | (L/min) | L | m ³ |
| A | 27,90 | 1674 | 1,674 |
| B | 34,00 | 2040 | 2,044 |
| C | 42,79 | 2568 | 2,568 |
| D | 37,20 | 2232 | 2,232 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

El área designada por la universidad para la construcción de la cisterna es de 2 metros de largo, 2 metros de ancho y hasta 2 metros de profundidad. Por lo tanto, se seleccionaron las siguientes medidas finales de 2 metros de largo, 1.7 metros de anchos y 1.7 metros de profundidad. Como se aprecia en la ilustración 3-17.

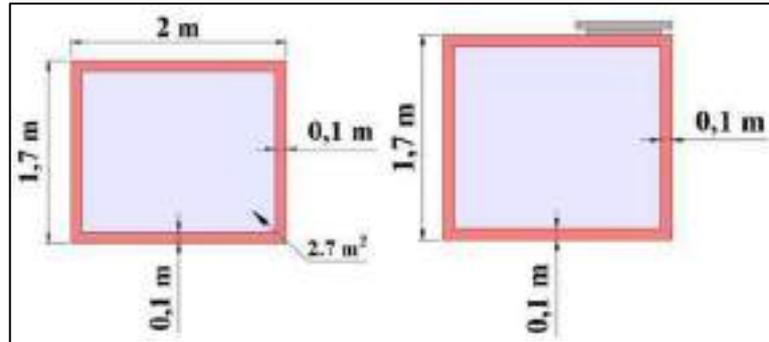


Ilustración 3-17: a) Vista superior de la cisterna, b) Vista lateral de la cisterna

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Para obtener el volumen final del reservorio de agua, se debe restar los 10 cm de espesor del ladrillo de las medidas previamente establecidas.

$$V_T = H \cdot A \cdot L$$

Ecuación 3-9

Donde:

V_T : Volumen total de la cisterna

H: Altura interna de la cisterna

A: Ancho interna de la cisterna

L: Largo interna de la cisterna

$$V_T = H \cdot A \cdot L$$

$$V_T = (1,70 - 0,20) \cdot (2,00 - 0,10) \cdot (1,70 - 0,10)$$

$$V_T = (1,50 \text{ m}) \cdot (1,80 \text{ m}) \cdot (1,60 \text{ m})$$

$$V_T = 4,32 \text{ m}^3$$

Determinamos que el volumen de la cisterna es suficiente para que los aspersores funcionen adecuadamente durante el tiempo establecido, considerando una pérdida de fluido del 10% para cada área de aspersión, como se muestra en la tabla 3-25.

Tabla 3-25: Datos del caudal y volumen de agua requerido para cada área de riego

| Sector | Volumen | | Volumen Total |
|--------|-------------------|---------------|---------------|
| | (m ³) | (10% Perdida) | |
| 1 | 1,674 | 0,1674 | 1,8414 |
| 2 | 2,044 | 0,2044 | 2,2484 |
| 3 | 2,568 | 0,2568 | 2,8248 |
| 4 | 2,232 | 0,2232 | 2,4552 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Por consiguiente, estamos cumpliendo con los parámetros establecidos por la universidad y las especificaciones de consumo de las distintas áreas. El consumo que va a realizar según el horario programado por el proveedor y el tiempo de irrigación va a ser de 15 minutos por área.

Tabla 3-26: Volumen consumido en el tipo de aspersión programado

| Sector | Caudal | Volumen | |
|--------|---------|---------|----------------|
| | (L/min) | L | m ³ |
| A | 27,90 | 419 | 0,419 |
| B | 34,00 | 510 | 0,510 |
| C | 42,79 | 642 | 0,642 |
| D | 37,20 | 558 | 0,558 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

EL consumo total del tanque de los 2.129 metros cúbicos de los 4.32 metros cúbicos que tiene el tanque, lo que representa el 49.28% de la capacidad total del tanque en los horarios de riego establecidos

3.3 Diseño del sistema fotovoltaico

Para determinar los equipos elegidos para el diseño del sistema fotovoltaico, se realizará un análisis de los parámetros técnicos y mecánicos, como materiales y dimensiones, de los diferentes modelos de paneles fotovoltaicos, baterías, controlador e inversores presentes en el mercado.

3.3.1 Cálculo de la demanda energética

Para determinar la potencia total necesaria es indispensable calcular la demanda energética del sistema de riego. Esto incluye:

- Potencia de los equipos: Identificar cada equipo eléctrico presente en el sistema y se cuantificara la potencia nominal (W).
- Horas de operación diarias: Se establecerá el tiempo de operación diario de cada equipo, expresado en horas (h).
- Estimación del consumo: Se calculará el consumo energético diario de cada equipo, multiplicando su potencia por el tiempo de uso expresado en vatios-hora por día (Wh/día).

Tabla 3-27: Datos de la demanda energética

| Equipos | Cantidad | Potencia (W) | Horas de Operación (h/día) | Consumo diario (Wh/día) |
|---------------------------|----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| Bomba Jet – 1.30 Hp | 1 | 975W | 2 | 1950 |
| Panel de control | 1 | 20 W | 22 | 440 |
| | | 251 W | 2 | 502 |
| Electroválvulas | 4 | 10 W | 2 | 80 |
| Consumo diario de energía | | | | 2972 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

3.3.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Las variables que influyen en el dimensionamiento del sistema son: radiación solar, energía solar requerida y la eficiencia del sistema.

3.3.2.1 Radiación Solar

Este dato se obtiene del lugar donde se instalará el sistema, generalmente expresado en kWh/m². Para ello, se ha utilizado la base de datos meteorológica de Weather Spark, que nos detalla un promedio mensual de la energía solar del cantón de Riobamba, provincia de Chimborazo, como se muestra en la ilustración 3-18.

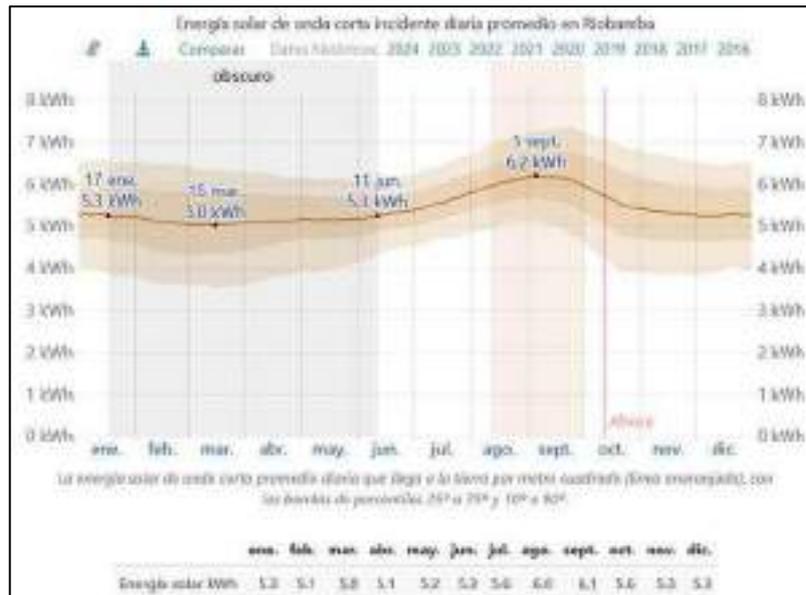


Ilustración 3-18: Energía solar promedio mensual en el cantón Riobamba

Fuente: Weather Spark, 2024

Estos datos se corroboran utilizando la página Tu Tiempo, que proporciona un historial de la radiación solar desde el presente hasta 15 anteriores, como se muestra en la ilustración 3-19.

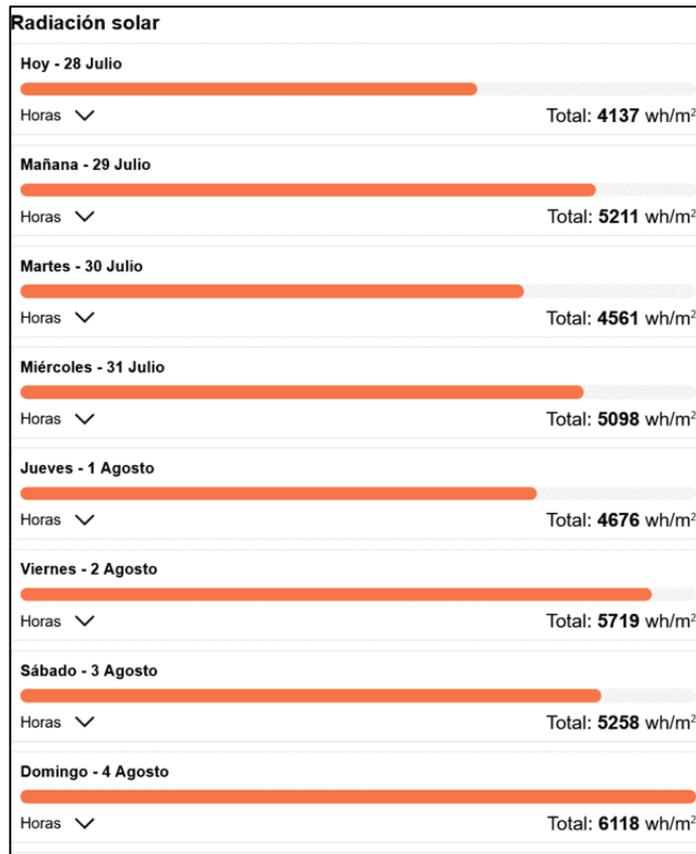


Ilustración 3-19: Radiación solar en el cantón Riobamba

Fuente: Tu tiempo, 2024

Para obtener un valor promedio general, se puede utilizar el programa PVSYST V6.88, que permite establecer las coordenadas del sitio donde se implementará el diseño. Se obtuvieron los datos reales de la radiación después de corregir las coordenadas, que equivalen a 5.41 KWh.

3.3.2.2 Cálculo del número de horas pico

La hora solar pico (HPS) es un parámetro fundamental para determinar la cantidad de energía solar disponible que una superficie recibe durante un día entre la energía que puede producirse en una hora, esta energía está en un estándar de 1000 W/m².

Donde:

HSP: Hora solar pico diaria

RSD: Radiación solar diaria

ESE: Energía solar estándar

$$HSP = \frac{RSD}{ESE} \quad \text{Ecuación 3-10}$$

$$HSP = \frac{5000 \text{ Wh/m}^2/\text{dia}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 5,00 \text{ h/dia}$$

3.3.2.3 Cálculo de la energía solar requerida

El tamaño del sistema fotovoltaico requerido se determina dividiendo el consumo diario total por

la radiación solar.

Donde:

HSP: Hora solar pico diaria

C_D : Consumo diario de energía

P_F : Potencia fotovoltaica

$$P_F = \frac{C_D}{HSP} \quad \text{Ecuación 3-11}$$

$$P_F = \frac{2,972 \text{ kWh/día}}{5 \text{ h/día}}$$

$$P_F = 0,5944 \text{ kW}$$

3.3.2.4 Cálculo de la potencia ajustada

Para este cálculo, es recomendable considerar las pérdidas del sistema, como las pérdidas del inversor, temperaturas del panel, orientación e inclinación panel y eficiencia del panel, que suelen ser aproximadamente del 20%.

Donde:

P_A : Potencia ajustada

P_F : Potencia fotovoltaica

P_S : Perdidas del sistema

$$P_A = P_F * P_S \quad \text{Ecuación 3-12}$$

$$P_A = 0,5944 \text{ kW} * 1,2$$

$$P_A = 0,7133 \text{ kWp}$$

3.3.3 Cálculo del número de paneles solares

Para determinar el número de paneles necesarios, es fundamental considerar la potencia de los paneles elegidos. En este caso, se seleccionó una potencia de 550 vatios por panel.

Donde:

N_P : Número de paneles

P_A : Potencia ajustada

P_p : Potencia del panel

$$N_P = \frac{P_A \text{ (W)}}{P_p \text{ (W)}} \quad \text{Ecuación 3-13}$$

$$N_P = \frac{713,30 \text{ W}}{550 \text{ W}}$$

$$N_P = 1,297 \approx 2$$

En total para este sistema es necesario 2 paneles solares de 550 vatios.

3.3.4 Comprobación del número de paneles solares por amperaje

Para calcular la carga diaria de corriente en continuo, consideramos que la tensión del sistema será de 24 voltios, utilizando la siguiente ecuación:

Donde:

CD_I : Carga diaria de corriente

C_D : Consumo diario de energia

V_S : Tensión del sistema

$$CD_I = \frac{C_D \text{ (Wh)}}{V_S} \quad \text{Ecuación 3-14}$$

$$CD_I = \frac{2972 \text{ Wh}}{24 \text{ V}}$$

$$CD_I = 123,833 \text{ Ah}$$

Se tiene en cuenta las pérdidas en el sistema eléctrico mediante un factor de corrección del 20%.

Se calcula la corriente corregida utilizando este factor, entonces:

Donde:

C_C : Corriente corregida

CD_I : Carga diaria de corriente

P_S : Perdidas del sistema

$$C_C = CD_I * P_S \quad \text{Ecuación 3-15}$$

$$C_C = 179,33 \text{ Ah} * 1,2$$

$$C_C = 148,60 \text{ Ah}$$

Teniendo el dato de radiación del sol promedio para Riobamba, procedemos a calcular la corriente pico del sistema. Además, considerando que el total de horas de radiación solar en la región sierra es de 4 a 6 horas, entonces aplicamos la siguiente ecuación:

Donde:

RST: Radiación solar total

RSD: Radiación solar diaria

HSP: Hora solar pico diaria

$$RST = RSD * HSP \quad \text{Ecuación 3-16}$$

$$RST = 5,41 * 5,00$$

$$RST = 27,05$$

Se calcula la corriente pico del sistema, mediante la siguiente ecuación:

Donde:

CPS: Corriente pico del sistema

C_C : Corriente corregida

RST: Radiación solar total

$$CPS = \frac{C_C}{RST} \quad \text{Ecuación 3-17}$$

$$CPS = \frac{148,6 \text{ Ah}}{27,05}$$

$$\text{CPS} = 5,493 \text{ A}$$

Para determinar el tamaño y número de paneles se toma en cuenta debido a las pérdidas que se presentan en el panel debido a que se fija una demanda energética y se utiliza un valor de irradiación fijo (aunque este sea el mínimo posible en un determinado tiempo) nunca va a ser 100% confiable, por lo cual es necesario asegurar el diseño sobredimensionando el sistema. Se toma el valor de la corriente pico del sistema 10,60 amperios vamos al catálogo para fijar los valores máximos de la corriente que generan los diferentes paneles solares:

| ELECTRICAL CHARACTERISTIC NMOT ²⁾ | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Power Level | 530 | 535 | 540 | 545 | 550 |
| Maximum power P_{max} (Wp) | 401 | 405 | 409 | 412 | 416 |
| Maximum power voltage V_{mpo} (V) | 38.45 | 38.65 | 38.88 | 39.02 | 39.25 |
| Maximum power current I_{mpo} (A) | 10.43 | 10.48 | 10.52 | 10.56 | 10.60 |
| Open circuit voltage V_{oc} (V) | 46.16 | 46.28 | 46.40 | 46.59 | 46.80 |
| Short circuit current I_{sc} (A) | 11.05 | 11.09 | 11.13 | 11.17 | 11.21 |

Measuring tolerance: $\pm 3\%$

Ilustración 3-20: Datos técnicos del panel 550 Wp – Monocristalino

Fuente: Ledvance, 2024, pág. 1

Pero esta corriente pico no considera el voltaje de operación estándar y la temperatura de operación de los paneles, por lo cual mediante la ficha técnica lo determinamos mediante las curvas de operación para determinar el amperaje con el cual trabaja, como se puede observar en la ilustración 3-20, este amperaje es de 3 amperios para un sistema de 48 voltios.

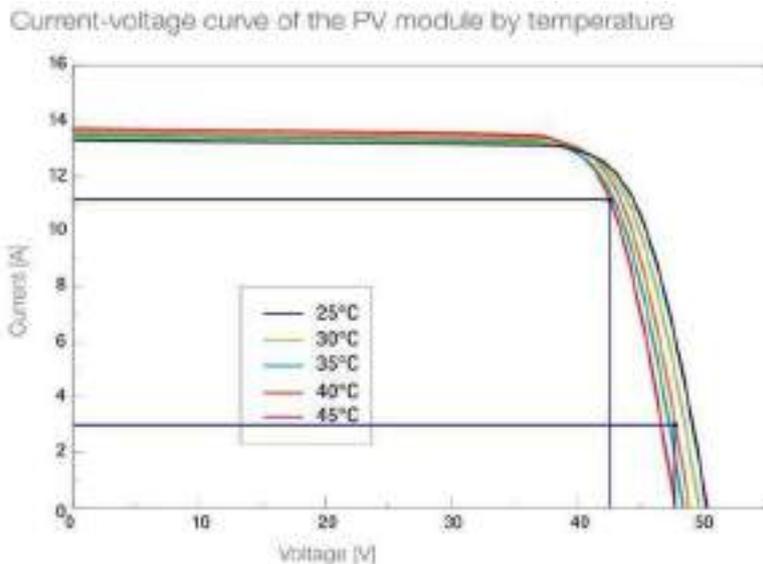


Ilustración 3-21: Curvas de operación de voltaje vs la corriente

Fuente: Ledvance, 2024, pág. 2

A continuación, se calcula el número de paneles en función de la corriente, mediante la siguiente ecuación:

Donde:

N_p : Número de paneles

IPS: Corriente pico del sistema

IP: Corriente del panel

$$N_p = \frac{CPS}{IP}$$
$$N_p = \frac{5,493 \text{ A}}{3 \text{ A}}$$
$$N_p = 1,831 \approx 2$$

Ecuación 3-18

Comprobamos que, para asegurar la confiabilidad del sistema, considerando las perdidas, es necesario utilizar 2 paneles solares de 550 Wp cada uno.

3.3.5 Cálculo del número de baterías

Cálculo se considera los parámetros como el voltaje del sistema que es de 24V, el consumo diario del sistema, una reserva de un día en las baterías y la profundidad de descarga la que determina el porcentaje máximo de descarga que sufrirá la batería. Esta dependerá del modelo de la batería siendo de 50% (0,5) para batería de Plomo-Acido, además este sistema tendrá un día de autonomía. Una vez delimitado estos parámetros se procede con el cálculo de la capacidad del banco de baterías, donde se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

I_{Banco} : Capacidad del banco de baterías

C_D : Consumo diario de energía

D_{Auto} : Días de autonomía del sistema

V_S : Voltaje del sistema

DoD: Profundidad de descarga del tipo de baterías

$$I_{\text{Banco}} = \frac{C_D * D_{\text{Auto}}}{V_S * DoD}$$
$$I_{\text{Banco}} = \frac{2972 \text{ Wh/día} * 1 \text{ día}}{24 \text{ V} * 0,50}$$
$$I_{\text{Banco}} = 247,67 \text{ Ah}$$

Ecuación 3-19

El cálculo del número de baterías es igual a la capacidad corregida requerida del banco de baterías dividida a la tensión CC nominal de la batería (Información de catálogo), Para el cálculo de las baterías, Se toma como modelo la batería MCA. Según su catálogo comercial, posee las siguientes características:

- Batería de gel para solar FV
- Voltaje: 12V
- Capacidad a C10: 90 Ah
- 1000 ciclos a 50% de descarga
- Capacidad de reserva: 150
- Dimensiones (mm): 300 x 168 x 224

- Peso: 57kg



Ilustración 3-22: Batería de Gel de 90 Ah

Fuente: Proviento, 2023

Donde:

N_B : Número de baterías

$I_{\text{corregida}}$: Capacidad corriente corregida

I_{catalogo} : Capacidad de catalogo de baterías

$$N_B = \frac{I_{\text{corregida}}}{I_{\text{catalogo}}}$$

Ecuación 3-20

$$N_B = \frac{247,67 \text{ Ah}}{90 \text{ Ah}}$$

$$N_B = 2,752 \approx 3$$

Se requiere la adquisición de 3 baterías de 90Ah de 24V.

3.3.6 Cálculo y selección del inversor de corriente

Los inversores también consumen energía y, por tanto, reducen la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que la tensión de funcionamiento es mayor, por lo que se pueden evitar cables gruesos. Es muy económico, especialmente cuando hay que utilizar cables largos.

Donde:

N_I : Numero de inversor

C_D : Consumo diario de energia

C_I : Capacidad del inversor

$$N_I = \frac{C_D}{C_I}$$

Ecuación 3-21

$$N_I = \frac{2972 \text{ W}}{5000 \text{ W}}$$

$$N_I = 0,5944 \approx 1$$

Se puede utilizar un inversor debido a que este está conectado al banco de baterías, que debe ser dimensionado en base al requerimiento de energía, nuestra de manda diaria de energía es de 2972 vatios, donde nos permite preseleccionar en un inversor de 5000 vatios de onda sinusoidal pura.



Ilustración 3-23: Inversor Onda Pura 5000W – 48VDC

Fuente: Proviento, 2023

Para comprobar la selección del inversor, es necesario hacer una relación entre el consumo de energía de una hora, que representa el horario de operación donde hay una mayor demanda de energía, además de considerar la eficiencia del inversor, el factor de potencia y el factor de seguridad del equipo en el cual se considera sobrecalentamiento y eficiencia del inversor, que suelen ser aproximadamente del 25%. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

C_I : Capacidad del inversor

C_h : Consumo en una hora de operación

E_I : Eficiencia del inversor

F_P : Factor de potencia

F_S : Factor de seguridad

$$C_I = F_S * \left(\frac{C_h}{F_P * E_I} \right) \quad \text{Ecuación 3-22}$$

$$C_I = 1,25 * \left(\frac{2673 \text{ W}}{0,75 * 0,9} \right)$$

$$C_I = 4950\text{W} \approx 5000\text{W}$$

Se requiere de un inversor de onda pura de 5000 vatios debido a que uno de los componentes es un motor y según el proveedor el único inversor que se acopla correctamente a estos equipos es el de onda pura para satisfacer la demanda calculada en una hora de operación.

3.3.7 Cálculo y selección del controlador de carga

El tamaño del regulador está determinado por la corriente máxima esperada del sistema solar. Puede ser energía desde el panel hasta la batería o la aplicación final, o energía desde la batería hasta la aplicación final. Para determinar la potencia del regulador, se deben calcular dos corrientes máximas. Se utiliza la siguiente fórmula para relacionar la corriente del panel con el voltaje de la batería. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

P_p : Potencia de los paneles solares

V_s : Voltaje del banco de baterías

I_c : Intensidad de corriente

$$I_c = \frac{P_p}{V_s} \quad \text{Ecuación 3-23}$$

$$I_c = \frac{1100 \text{ W}}{36 \text{ V}}$$

$$I_c = 30,56 \text{ A}$$

A la intensidad de corriente a manera se la multiplica por un factor de seguridad que sirve como mecanismo de protección por sobre saltos, sobrecalentamientos y eficiencia de la distribución de energía, para lo cual los proveedores recomiendan considerar una factora de seguridad del 25%.

Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

I_c : Intensidad de corriente

I_{CA} : Intensidad de corriente ajustada

F_s : Factor de seguridad

$$I_{CA} = I_c * F_s \quad \text{Ecuación 3-24}$$

$$I_{CA} = 30,56 * 1,25$$

$$I_{CA} = 38,19 \text{ A}$$

Selecciona un controlador según la corriente máxima del sistema. Para lo cual selecciono el controlador de carga tiene que ser un MPPT de 40A o 45A para tener una carga eficiente y mantener un margen de seguridad dentro de los límites de operación recomendados por el proveedor.



Ilustración 3-24: Controlador de carga MPPT de 60A

Fuente: Proviento, 2023

3.4 Diseño del sistema de control

La principal función del sistema de control es intervenir rápidamente en la máquina mientras ésta realiza el trabajo asignado a través de los ordenes sobre los componentes. Estos componentes son actuadores, actuadores piloto y sensores.

3.4.1 Selección de los componentes para el sistema de control

3.4.1.1 Selección del controlador lógico

Seleccionar un LOGO V8 para un sistema de control de riego tiene varias ventajas. Estas son algunas razones por las que se elige este dispositivo:

- **Flexibilidad y Programación Sencilla:** Este permite programar lógicas de control mediante bloques funcionales y con un software amigable (LOGO! Soft Comfort). Además de ser ideal para personalizar los sistemas de riego de acuerdo con necesidades específicas, como horarios, duración y sensores ambientales.
- **Integración con Sensores y Actuadores:** Este controlador puede conectarse fácilmente con sensores de humedad del suelo, sensores de temperatura y estaciones meteorológicas, así como válvulas de riego y bombas.
- **Compatibilidad con Energía Fotovoltaica:** En sistemas alimentados por energía solar, el LOGO V8 es eficiente y compatible con fuentes de energía de corriente continua (12/24 VDC) o alterna (230 VAC), lo que lo hace adecuado para ubicaciones remotas con suministro energético limitado.
- **Fácil Expansión:** Si en el futuro se requiere agregar más zonas de riego o incluir nuevas funciones (como sistemas de fertilización), el LOGO V8 permite expandir entradas/salidas fácilmente mediante módulos adicionales.
- **Costo-Eficiencia:** Es una solución económica para sistemas medianos y pequeños en comparación con controladores PLC más grandes, conservando funcionalidades avanzadas.



Ilustración 3-25: Controlador LOGO 8 12/24RC

Fuente: Siemens, 2023

3.4.2 Esquema de programación SCADA para el control LOGO

El esquema que se observa en la ilustración 3-26, una programación SCADA para el sistema de riego, en el cual cuenta con protección de voltaje, controles de emergencia, sensores humedad y

tiempo de encendido y apagado de la bomba, está diseñado para operar diferentes áreas de riego en determinados intervalos de tiempo, a través de válvulas independientes.

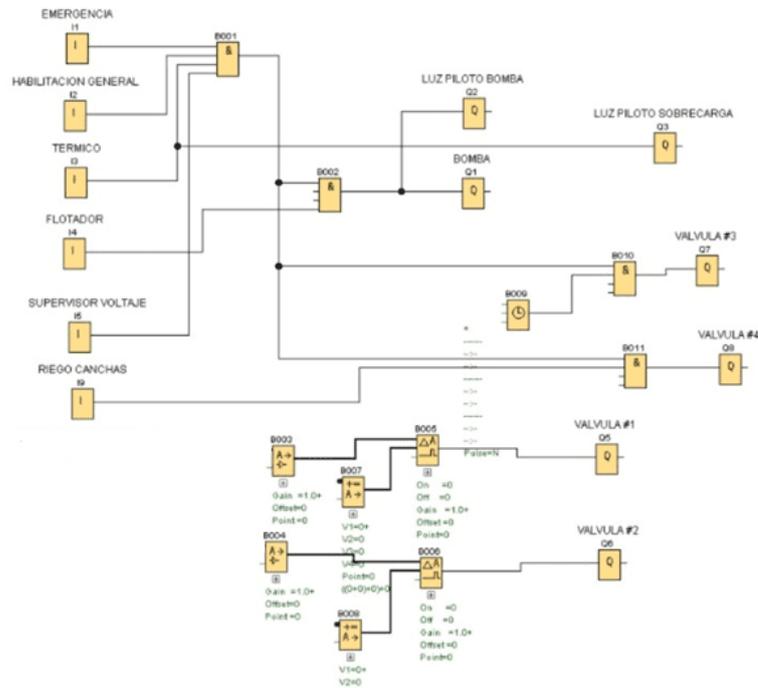


Ilustración 3-26: Esquema de programación de riego para el PLC

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

En dicha ilustración se puede apreciar varias conexiones con los diferentes elementos previamente seleccionados, los cuales permiten el flujo de señales eléctricas para coordinar el funcionamiento de las diferentes electroválvulas y sensores de humedad con el encendido de la bomba.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Evaluación de funcionamiento del sistema de bombeo

La evaluación del funcionamiento del sistema de bombeo para el sistema de riego implica una revisión integral y minuciosa para determinar si opera de manera óptima, eficiente y dentro de los parámetros de diseño. Para la cual se tomó en consideración los siguientes aspectos:

4.1.1 Inspección Física

La inspección física consiste en examinar visualmente los equipos para detectar posibles problemas, mientras está en funcionamiento el equipo, para poder detectar los posibles problemas e identificar el problema raíz, lo cual permite dar solución al problema principal. Toma en consideración el sistema de bombeo lo que se tomara en cuenta los siguientes elementos y la acción a realizar, como se observa en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Inspección Física del sistema de bombeo

| Elemento | Acción |
|------------------------|--|
| Bomba | Examinar si hay signos de desgaste en componentes esenciales. Examinar que la bomba no opere en vacío. Examinar que la bomba este correctamente instalada. |
| Tuberías | Revisar las conexiones de tuberías en busca de fugas, bloqueos o rupturas. |
| Válvulas | Verificar el estado y funcionamiento óptimo de las válvulas de control y retención. |
| Aspersores y Difusores | Verificar el estado, funcionamiento óptimo, el alcance de los aspersores y difusores |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.1.2 Procedimientos de instalación

4.1.3 Manual de operación

Para realizar las pruebas de funcionamiento de sistema de bombeo se recomienda realizar una revisión de las condiciones de operación y eléctrica, las cuales se van a detallar en la siguiente tabla 4-2.

Tabla 4-2: Parámetros de revisión antes del procedimiento de operación

| Revisión | Parámetros de operación |
|-------------|---|
| Eléctrica | Medir el consumo de energía y verificar si está dentro de los límites de diseño. Inspeccionar el estado del motor eléctrico. Revisar los sistemas de protección eléctrica asegurándose que funcionen correctamente. |
| Condiciones | Evaluar si la bomba está funcionando en su punto de operación óptimo. La bomba debe trabajar dentro del rango recomendado por el proveedor y cerca |

| | |
|--|---|
| | <p>de su mejor punto de eficiencia, ya que al opera con mayor eficiencia, hay menor desgaste de la bomba.</p> <p>Revisar si se exhibe cavitación, vibraciones exuberantes o ruidos inusuales que puede perjudicar en la vida de la bomba.</p> |
|--|---|

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Este tipo de revisión se realiza una vez al mes, debido que el sistema implementado se encuentra expuesto a la media ambiente, los pasos a seguir se encuentran mejor detalla en los procedimientos de mantenimiento. Luego de realizar la revisión de los parámetros de operación se procede con las pruebas de funcionamiento. Para realizar las pruebas de funcionamiento es necesario cambiar de automático a manual para proceder con las pruebas y verificar que los botones de voltaje, corriente y bomba de riego encienda de manera correcta, pero evitando que el botón de fallo encienda.



Ilustración 4-1: Tablero de control

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.1.4 *Medición de rendimiento*

La inspección física consiste en examinar visualmente los equipos para detectar posibles problemas, mientras está en funcionamiento el equipo, para poder detectar los posibles problemas e identificar el problema raíz, lo cual permite dar solución al problema principal. Toma en consideración el sistema de bombeo lo que se tomara en cuenta los siguientes elementos y la acción a realizar, como se observa en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Inspección Física del sistema de bombeo

| Parámetro | Acción |
|-----------|--|
| Caudal | Medir el caudal real y compararlo con el de diseño. |
| Presión | Medir la presión de salida y compáralo con la de diseño. |

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Eficiencia de bombeo | Calcular la eficiencia de la bomba. |
|----------------------|-------------------------------------|

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.1.5 Plan de mantenimiento

La mayoría de las instalaciones solares fotovoltaicas son muy fáciles de mantenerlas. No obstante, si el mantenimiento no se realiza adecuadamente, puede surgir un problema: la acumulación de suciedad en las placas solares puede reducir su rendimiento. La frecuencia en la que se deben realizar el mantenimiento es de manera SEMESTRAL. A continuación, se describen las tareas que constan en el plan de mantenimiento y detalla de manera puntual en el anexo

Panel solar

- **Limpieza del panel solar:** Los paneles deben de ser limpiados periódicamente ya que la suciedad acumulada sobre le vidrio del panel reduce el rendimiento de éste, al limpiar los paneles se garantiza que se pueda captar mayor cantidad de luz solar posible para generar electricidad de manera óptima, prolongando la vida útil y maximizar su rendimiento a largo plazo.
- **Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura:** Esta actividad es importante ya que garantiza la seguridad y estabilidad del panel solar y protege al operario que este cerca de ella.
- **Inspeccionar el estado de los conductores eléctricos:** Los conductores eléctricos son importantes ya que transporta la energía generada por el panel solar, el mal estado de los conductores puede causar pérdidas de energía o cortocircuitos. Al inspeccionar los conductores es posible detectar o reparar cualquier daño o desgaste.

Batería

- **Limpiar y verificar el estado de la batería:** La batería al estar en un lugar abierto tiene la acumulación de suciedad o polvo afectando de esa manera a su rendimiento, por eso se tomó en cuenta esta actividad de tal manera que permita verificar su estado y detectar cualquier problema o deterioro (corrosión o daño físico), el mal estado de la batería puede afectar negativamente en el almacenamiento de energía, para su limpieza se utiliza un paño suave.
- **Ajustar terminales talón:** Se debe realizar esta actividad ya que garantiza una conexión segura y eficiente evitando pérdidas de energía, cortocircuitos o daños a la batería.
- **Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería:** El anclaje seguro va a garantizar que la batería se mantenga en su lugar y evitar posibles caídas de la batería que puedan dañarla.

Inversor DC/AC

- **Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor:** La limpieza se realiza con la utilización de un paño suave y húmedo, aunque el inversor es pequeño necesita mantenimiento ya que la acumulación de polvo o suciedad puede obstruir la salida de aire

del ventilador, produciendo un sobrecalentamiento e incluso quemando el mismo, el limpiarlo mantiene su buen funcionamiento y larga vida útil.

- **Identificar una lectura de entrada de voltaje del inversor DC (48 V) y un voltaje de salida AC (110 V \pm 5%):** Al ser el voltaje un parámetro importante para el funcionamiento del inversor, las lecturas de voltaje nos ayudan a identificar si este tiene un posible problema y solucionarlo a tiempo.

Controlador de carga

- **Revisar las conexiones:** El paso del tiempo puede provocar que las conexiones se aflojen, la solución es que se aprete dichas conexiones mediante herramientas adecuadas como destornilladores
- **Revisar los voltajes del panel solar y batería:** Se revisa el voltaje de panel solar a través del controlador de carga de tal manera que nos asegure que está produciendo la cantidad adecuada de energía o que el panel no está defectuoso o dañado, mientras que el voltaje de la batería evitar descargarla completamente, el valor mínimo con una descarga del 60% es de 10.8 recordando que las baterías están en serie lo que da un valor mínimo total de 43.2V.

Tablero principal del sistema fotovoltaico

- **Limpiar cualquier residuo de polvo existente en el tablero:** La limpieza de los tableros eléctricos dentro y fuera es fundamental, ya que la acumulación de polvo o la presencia de corrosión puede afectar su durabilidad.
- **Verificar y ajustar pernos de la estructura, prensaestopas, llaves y señalética:** Se debe realizar un ajuste de los pernos de soporte y prensaestopas, la señalética y las llaves por ser de material plástico se pueden romper fácilmente, por eso es necesario verificar el estado de todos estos componentes.
- **Verificar y reemplazar los fusibles de protección del panel solar:** Es necesario realizar una revisión de los fusibles, para esta acción se mide la continuidad con un multímetro y se reemplaza en caso de ser necesario.
- **Ajustar los terminales de los elementos instalados en el tablero (transferencia manual, breakers y luces piloto).** Es importante tener una buena sujeción de todos los conductores, dicha actividad se realiza con la ayuda del destornillador correspondiente.

4.2 Pruebas de funcionamiento del sistema de riego

Objetivos de la prueba:

Comprobar que el sistema fotovoltaico esté proporcionando suficiente energía para el funcionamiento del sistema de riego, así como su activación correcta bajo condiciones normales de operación.

Paso 1: Inspección visual y preparación

- Verificación de la instalación:
 1. Aseguramiento de que todos los paneles fotovoltaicos estén correctamente instalados y orientados hacia el sol.
 2. Comprobación de que no haya sombras en los paneles que puedan reducir la eficiencia.
 3. Verificación de que la batería esté correctamente conectada y cargada (si el sistema utiliza almacenamiento).
- Comprobación de la conexión de cables:
 1. Verificación de que los cables entre los paneles solares, el controlador de carga y el sistema de riego estén bien conectados.
 2. Inspección del sistema de control de riego, esto es que el temporizador o una válvula solenoide, esté correctamente instalada.
- Inspección de los componentes del sistema de riego:
 1. Verificación de la correcta instalación y estado de tuberías de riego, válvulas y aspersores, así como de la limpieza y funcionamiento adecuado de los filtros.
- Verificación de la carga de la batería:
 1. Comprobación de la carga y funcionamiento correcto.

Paso 2: Medición inicial de la energía

- Medición de la radiación solar:
 1. Verificación de que la radiación solar es suficiente para generar energía utilizando un medidor de radiación solar.
 2. Registro del valor de la radiación solar obtenida in situ para comparar con la potencia producida en el sistema fotovoltaico.
- Comprobación de la tensión y corriente generadas por los paneles:
 1. Medición de la salida de voltaje y corriente de los paneles solares utilizando un multímetro.
 2. Aseguramiento de que la salida del controlador de carga también sea la correcta y esté dentro de los rangos especificados para alimentar el sistema de riego.

Paso 3: Activación del sistema de riego

- Comprobación del funcionamiento del sistema de riego:
 1. Activación del sistema de riego con el sistema de energía fotovoltaica en funcionamiento (es decir, con los paneles solares generando electricidad y las baterías cargadas).
 2. Comprobación de que el temporizador o controlador programado esté configurado correctamente para iniciar el riego a la hora correspondiente.
- Observación y evaluación del rendimiento del sistema de riego:

1. Verificación de la correcta apertura de las válvulas y de que el agua fluya por las tuberías.
 2. Comprobación de que el sistema de aspersores este distribuyendo el agua de manera uniforme y en la cantidad correcta.
- Comprobación del sistema de control automático:
 1. Comprobación del correcto funcionamiento de los sensores de humedad y de temperatura acoplados al controlador automático para que el sistema de riego se encienda y apague dependiendo del nivel de humedad del suelo. Es recomendable realizar pruebas de desconexión y reconexión para simular un ciclo de funcionamiento completo.

Paso 4: Simulación de condiciones de baja energía

- Comprobación de que el sistema funcione correctamente en condiciones de poca luz:
 1. Comprobación de que el sistema reduzca el consumo de energía o de que el sistema de riego se detenga si la energía solar es insuficiente.
- Prueba de apagado por baja energía:
 1. Si el sistema está diseñado para apagarse cuando la energía de la batería es baja, verifica que esto ocurra correctamente.
 2. Observa que el sistema de riego deje de funcionar y que el controlador emita una señal de advertencia, si está configurado para hacerlo.

Paso 5: Comprobación de la eficiencia

- Diagnóstico del tiempo de riego y el consumo energético:
 1. Medición del tiempo de riego y de la energía utilizada en áreas específicas.
 2. Comparación de los valores reales obtenidos con las especificaciones de diseño del sistema, considerando de que todo el sistema está funcionando dentro de los parámetros esperados.
- Comprobación del funcionamiento del sistema bajo diferentes niveles de radiación solar:
 1. Ejecución de pruebas de funcionamiento bajo diferentes condiciones de radiación solar (mañana, mediodía y tarde) para ver la respuesta del sistema a cambios en la disponibilidad de energía.

Paso 6: Evaluación final

- Verificación de la autonomía del sistema:
 1. Medición del tiempo de funcionamiento del sistema con la batería completamente cargada en condiciones normales de uso, lo que nos proporcionará la certeza de que el sistema funcione de manera autónoma durante el tiempo esperado.

- Registrar los resultados:
 1. Documentación de todos los resultados de las pruebas, incluyendo las mediciones de voltaje, corriente, tiempo de riego, y rendimiento general del sistema.

4.3 Análisis de costos

Para obtener un análisis más específico de las piezas que se construyeron, se dividieron los costos en los sistemas que se construyeron este sistema de riego para determinar el gasto total en la construcción del sistema de riego.

Tabla 4-4: Partes del sistema de riego

| Ítem | Descripción |
|------|----------------------|
| 1 | Sistema hidráulico |
| 2 | Sistema fotovoltaico |
| 3 | Sistema de control |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.3.1 Costos directos

Estos costos incluyen los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas y transporte que intervienen directamente en la construcción del sistema de riego.

4.3.1.1 Costos de materiales

Cada parte del sistema de riego determinará el costo de los materiales. En la tabla 4-5 se observan los materiales se utilizaron en el sistema hidráulico.

Tabla 4-5: Costos de materiales del sistema hidráulico

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Costo unit. | Sub Total |
|------|-----------------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
| 1 | Bomba Centrífuga Jet de 1 HP | Unidad | 1 | 150,00 | 150,00 |
| 2 | Aspersor Hunter Pop-Up PGJ ½ in | Unidad | 22 | 11,30 | 248,60 |
| 3 | Difusor Hunter Pop-Up PSU 8A ½ in | Unidad | 11 | 3,30 | 36,30 |
| 4 | Tubería Secundaria de PVC de ½ in | Metro | 38 | 5,00 | 190,00 |
| 5 | Tubería Principal de PVC de ¾ in | Metro | 8 | 6,50 | 52,00 |
| 6 | Teflón Grande | Unidad | 4 | 2,00 | 8,00 |
| 7 | Permatex Grande | Unidad | 2 | 6,00 | 12,00 |
| 8 | Codo Negro de 90° de ½ in | Unidad | 38 | 0,65 | 24,70 |
| 9 | Codo Negro de 90° de ¾ in | Unidad | 6 | 1,00 | 6,00 |
| 10 | Tee de 90° - ¾ in in PN10 | Unidad | 2 | 1,50 | 3,00 |
| 11 | Tee de 90° - ½ in in PN10 | Unidad | 30 | 0,95 | 28,50 |
| 12 | Unión Negra de ¾ in PN10 | Unidad | 15 | 0,70 | 10,50 |
| 13 | Unión Negra de ½ in PN10 | Unidad | 25 | 0,50 | 12,50 |

| | | | | | |
|----|----------------------------------|--------|----|-----------|--------|
| 14 | Unión Universal de ¾ in | Unidad | 2 | 1,10 | 2,20 |
| 15 | Unión Universal de ½ in | Unidad | 4 | 0,65 | 2,60 |
| 16 | Bushing Negro Macho ¾ x Hembra ½ | Unidad | 4 | 0,45 | 1,80 |
| 17 | Neplo Negro PP ½ in PN10 | Unidad | 34 | 0,30 | 10,20 |
| 18 | Manguera de riego ½ in | Metro | 50 | 0,20 | 10,00 |
| 19 | Alambre de amarre | Libra | 2 | 1,50 | 3,00 |
| 20 | Cinta aislante | Unidad | 1 | 1,00 | 1,00 |
| | | | | Sub Total | 812,90 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

En la tabla 4-6 se observan los materiales se utilizaron en el sistema fotovoltaico.

Tabla 4-6: Costos de materiales del sistema fotovoltaico

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Costo unit. | Sub Total |
|------|------------------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
| 1 | Panel solar monocristalino de 550W | Unidad | 2 | 150,00 | 300,00 |
| 2 | Inversor Controlador hibrido 3KVA | Unidad | 1 | 250,00 | 250,00 |
| 3 | Controlador de carga MPPT de 60A | Unidad | 1 | 190,00 | 190,00 |
| 4 | Baterías de 90 Ah a 12V | Unidad | 4 | 100,00 | 400,00 |
| 5 | Cable Eléctrico flexible de 18 TW | Metro | 1 | 20,00 | 20,00 |
| 6 | Taípe eléctrico de alta adhesión | Unidad | 2 | 1,20 | 2,40 |
| | | | | Sub Total | 1 162,40 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

En la tabla 4-7 se observan los materiales se utilizaron en el sistema de control.

Tabla 4-7: Costos de materiales del sistema de control

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Costo unit. | Sub Total |
|------|--------------------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
| 1 | Controlador LOGO 8 12/24RC | Unidad | 1 | 150,00 | 150,00 |
| 2 | Gabinete metálico 60X40X20 cm | Unidad | 1 | 50,67 | 50,67 |
| 3 | Módulo de exp. LOGO DM8 12/24R | Unidad | 1 | 95,25 | 95,25 |
| 4 | Luz piloto voltím. 50-500VAC Verde | Unidad | 1 | 3,35 | 3,35 |
| 5 | Luz piloto amperímetro 0-100A Roja | Unidad | 1 | 5,80 | 5,80 |
| 6 | Canaleta ran. gris DXN - 25X40 mm | Unidad | 1 | 7,95 | 7,95 |
| 7 | Fuente de p. reg. 100-240VAC/24VDC | Unidad | 1 | 33,70 | 33,70 |
| 8 | Sensor de hum. de suelo Watermark | Unidad | 2 | 75,50 | 151,00 |
| 9 | Electroválvula para riego 1/2" 24VAC | Unidad | 4 | 20,05 | 80,20 |
| 10 | Transformador de voltaje 110V - 24V | Unidad | 1 | 34,78 | 34,78 |
| 11 | Contactador 5.0 HP/18A 1NO | Unidad | 1 | 12,60 | 12,60 |
| 12 | Relé térmico modular 9 - 13 A CHNT | Unidad | 1 | 13,39 | 13,39 |

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|--------|----|-----------|--------|
| 13 | Selector 22 mm – 2 POS PLAST 1NA | Unidad | 1 | 1,61 | 1,61 |
| 14 | Pulsador R. 22 mm – Giro C/Retención | Unidad | 1 | 2,17 | 2,17 |
| 15 | Placa A. paro de emerg. 22 - 90mm | Unidad | 1 | 0,95 | 0,95 |
| 16 | Luz piloto 22mm verde 110V AC/DC | Unidad | 1 | 1,35 | 1,35 |
| 17 | Luz piloto 22mm rojo 110V AC/DC | Unidad | 1 | 1,22 | 1,22 |
| 18 | Bornera riel 4 mm #10AWG | Unidad | 6 | 0,42 | 2,52 |
| 19 | Bornera riel 2.5 mm #12AWG | Unidad | 16 | 0,32 | 5,14 |
| 20 | Bornera riel tierra 4 mm / 24-10AWG | Unidad | 2 | 1,12 | 2,23 |
| 21 | Tapa para bornera 4 mm LEIP/WK | Unidad | 3 | 0,19 | 0,59 |
| 22 | Tapa para bornera 2.5 mm LEIP/WK | Unidad | 8 | 0,18 | 1,43 |
| 23 | Tope de bornera LEIP/WK/F | Unidad | 10 | 0,22 | 2,23 |
| 24 | Supervisor de volt. 1F 65-260VAC/DC | Unidad | 1 | 22,77 | 22,77 |
| 25 | Tapón para orificio PG13.5 D=21 mm | Unidad | 2 | 0,31 | 0,62 |
| 26 | Riel DIN 35mm - 1M acero perforado | Unidad | 2 | 1,74 | 3,50 |
| 27 | Base para relay 8 pines planos 5AMY2 | Unidad | 4 | 1,63 | 6,50 |
| 28 | Relay 8 pines planos 2P serie MY2 | Unidad | 4 | 2,69 | 10,78 |
| 29 | Base para fusible 10X38 mm - 32A | Unidad | 1 | 2,13 | 2,13 |
| 30 | Fusible cilíndrico 10X38 mm - 1A | Unidad | 1 | 0,41 | 0,41 |
| 31 | Breaker riel EBS 1P 2A 6KA | Unidad | 1 | 2,09 | 2,09 |
| 32 | Breaker riel EBS 1P 16A 6KA | Unidad | 1 | 2,72 | 2,72 |
| 33 | Selector 22 mm 3POS PLAST 2NA | Unidad | 1 | 2,61 | 2,61 |
| 34 | Cable Flexible #18AWG | Metro | 5 | 0,18 | 0,89 |
| 35 | Cable Flexible #22AWG | Metro | 20 | 0,11 | 2,14 |
| 36 | Material eléctrico y accesorios | Unidad | 1 | 52,17 | 52,17 |
| | | | | Sub Total | 969,70 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

El total de los costó de los materiales es la suma de los materiales de los tres sistemas anteriormente mencionado.

Tabla 4-8: Costos de materiales

| Ítem | Descripción | Sub Total |
|------|--|-----------|
| 1 | Costo de materiales del sistema hidráulico | 812,90 |
| 2 | Costo de materiales del sistema fotovoltaico | 1 162,40 |
| 3 | Costo de materiales del sistema de control | 969,70 |
| | | Sub Total |
| | | 2945,00 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.3.1.2 Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra se detallan a continuación. La mano de obra se calcula por hora con un salario básico de \$450 en Ecuador.

Tabla 4-9: Costos de mano de obra

| Ítem | Descripción | Unidad | Horas-Hombre | Costo x hora | Sub Total |
|-----------|-------------|--------|--------------|--------------|-----------|
| 1 | Técnico | Unidad | 40 | 4,00 | 160,00 |
| Sub Total | | | | | 160,00 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.3.1.3 Costos de equipos y herramientas

Los costos de equipos y herramientas se detallan a continuación. Para obtener el coste por hora de cada equipo y herramienta se calcula sobre el precio que se pagó por el alquiler del equipo o herramienta en Ecuador.

Tabla 4-10: Costos de equipos y herramientas

| Ítem | Descripción | Unidad | Horas-Equipos | Costo x hora | Sub Total |
|-----------|------------------------------|--------|---------------|--------------|-----------|
| 1 | Taladro manual | Unidad | 9 | 0,65 | 5,85 |
| 2 | Multímetro | Unidad | 9 | 0,80 | 7,20 |
| 3 | Juego de destornillador | Unidad | 9 | 1,00 | 9,00 |
| 4 | Alicate Electricista | Unidad | 12 | 0,80 | 9,60 |
| 5 | Llaves de tubos | Unidad | 24 | 0,85 | 20,40 |
| 6 | Juego de terraja de ½ a 1 in | Unidad | 24 | 0,70 | 16,80 |
| 7 | Pala de acero | Unidad | 24 | 0,40 | 9,60 |
| 8 | Talacho - pico de acero | Unidad | 24 | 0,40 | 9,60 |
| 9 | Juego de llaves hexagonales | Unidad | 6 | 1,15 | 6,90 |
| 10 | Juego de Rachas | Unidad | 6 | 0,45 | 2,70 |
| 11 | Juego de llaves combinadas | Unidad | 8 | 0,95 | 7,60 |
| 12 | Excavadora soterramiento | Unidad | 1 | 20,00 | 20,00 |
| Sub Total | | | | | 125,25 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.3.1.4 Transporte

El coste del transporte es de 100 USD este valor refleja la movilización por conseguir los materiales, equipos y herramientas para realizar la implantación del trabajo. Para culminar la Tabla 4-11 resume el valor de cada uno de los puntos que se calcularon anteriormente.

Tabla 4-11: Costos directos

| Ítem | Descripción | Sub Total |
|------|---------------------|-----------|
| 1 | Costo de materiales | 2 945,00 |

| | | |
|-----------|---------------------------------|----------|
| 2 | Costo de mano de obra | 160,00 |
| 3 | Costo de equipos y herramientas | 125,25 |
| 4 | Costo de transporte | 100,00 |
| Sub Total | | 3 330,25 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

Es importante el detalle de costos directos ya que en función de ellos se maneja el análisis relativo de los costos indirectos, que se mostrarán más adelante.

4.3.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no se pueden identificar o atribuir directamente a un proyecto en particular. Esto significa que no se pueden asignar a un producto, servicio o actividad específica, estos costos se detallan a continuación en la tabla 4-12.

Tabla 4-12: Costos indirectos

| Ítem | Descripción | Sub Total |
|-----------|------------------------|-----------|
| 1 | Costo ingenieril (10%) | 333,03 |
| 2 | Imprevistos (10%) | 33,31 |
| 3 | Utilidad (0%) | 0,00 |
| Sub Total | | 366,34 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

4.3.3 Costos totales

Para concluir la etapa de los costos es relevante realizar la suma de los costos directos e indirectos para obtener el monto total del trabajo de titulación, como se puede observar en la tabla 4-13.

Tabla 4-13: Costos totales

| Ítem | Descripción | Sub Total |
|-------|-------------------|-----------|
| 1 | Costos directos | 3 330,25 |
| 2 | Costos indirectos | 366,34 |
| Total | | 3 696,59 |

Realizado por: Carvache J.; Chimbo J., 2024

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se elaboró un estudio detallado de las demandas de agua de las zonas verdes y las condiciones meteorológicas locales, lo que, facilitó la definición de los parámetros fundamentales para el diseño del sistema de riego que aseguran un desempeño eficaz y ajustado a las características específicas del ambiente de la cancha de la Carrera Mecánica.

Se delineó el diseño conceptual del sistema de riego a implementar. Esta etapa de diseño conceptual facilitó la construcción de un sistema que balancea eficacia y responsabilidad, considerando tanto la cobertura de riego como la utilización eficiente de los recursos.

Las simulaciones efectuadas demostraron que la opción elegida mejora la distribución del agua y asegura una cobertura homogénea del área. El estudio comparativo evidenció que el sistema seleccionado sobresale sobre otras alternativas en cuanto a funcionalidad y sostenibilidad.

Se determinó que la energización del sistema de riego a través de la energía solar es factible, puesto que la aplicación de paneles solares garantiza un abastecimiento de electricidad independiente y sostenible, favoreciendo la disminución del efecto en el medio ambiente.

El sistema de control eléctrico diseñado incorpora tecnología lo que posibilita la automatización del riego dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la humedad del terreno. Esto resulta en un aprovechamiento eficaz de recursos y en una administración autónoma del sistema.

La implementación del sistema se llevó a cabo con éxito, validando las expectativas en términos de cobertura, eficiencia y sostenibilidad que se expuso en el diseño.

Las pruebas de funcionamiento efectuadas corroboraron que el sistema de riego por aspersión alimentado por energía solar alcanza las metas establecidas que asegurando un riego homogéneo y sostenible.

El proyecto representa una solución eficaz e innovadora que puede ser replicada en otras zonas parecidas, optimizando la gestión del recurso hídrico y fomentando prácticas sustentables.

5.2 Recomendaciones

El desarrollo de un proyecto de tal magnitud requiere:

- Garantizar un calendario bien organizado con objetivos concretos que posibiliten supervisar el avance del proyecto facilitará la detección precoz de posibles demoras y permitirá la implementación de acciones correctivas.
- Es necesario realizar un análisis de viabilidad exhaustivo antes de la puesta en marcha para asegurar que los recursos, ya sean técnicos o financieros, estén en concordancia con las metas del proyecto.
- Tomar en cuenta un estudio de costo-beneficio para medir la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo.
- Incluir sensores y sistemas de seguimiento a distancia para monitorear el rendimiento del sistema en tiempo real, lo que facilitará la modificación de parámetros operativos y una pronta respuesta ante problemas no previstos.
- Organizar un programa de mantenimiento preventivo para prevenir errores en el sistema y garantizar su seguridad.
- Se recomienda mejorar la autonomía de sistema fotovoltaico mediante el aumento del número de baterías, lo que permite aumentar la implementación de sensores, módulos de visualización de datos y la conexión de otros dispositivos que pueden ayudar a mejorar del sistema de riego.
- Se recomienda que para el proceso de irrigación de las canchas volleyball se lo realice sin la presencia de corrientes vientos, ya que estos pueden afectar en la aspersión óptima del área e irrigación fuera del área delimitada.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABELLA, Miguel.** *Sistemas Fotovoltaicos* [en línea]. Máster en Energías Renovables y Mercado Energético, Energía Solar Fotovoltaica. Madrid: Escuela de Organización Industrial, 2015. [consulta: 16 julio 2024]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://static.eoi.es/savia/documents/componente45335.pdf&ved=2ahUKEWjk5NWm466HAXqs4QIHTXZA30QFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw0G99zFAEOr26t6o_XfQ2I9
2. **ALONSO, José.** *Funcionamiento de inversores fotovoltaicos*. [blog]. Madrid-España: Sunfields Europe, 2024. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/funcionamiento-inversor-fotovoltaico/>
3. **AUTOSOLAR.** *Placas solares autoconsumo fotovoltaico - Kit solar autoconsumo*. [Blog]. Valencia-España: Autosolar Energy Solutios, 2024. [consulta: 16 julio 2024]. Disponible en: <https://autosolar.es/kits-solares-conexion-red?page=2>
4. **BARNES.** *Bomba de agua Jet 1.3 Hp, 1", Barnes* [blog]. Bogotá, 2018. Disponible en: www.barnes.com.co
5. **BLOOMLING.** *Ahorrar agua con el riego por goteo - Tienda online España*. [blog]. España: Tienda Online España, 2024. [consulta: 21 mayo 2024]. Recuperado a partir de: <https://www.bloomling.es/info/blog-de-jardineria/ahorrar-agua-con-el-riego-por-goteo>
6. **CHAMBA LINO, Eddy Jonathan & OYAGUE LEÓN, Steven Manuel.** Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el cantón Mocache [en línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador, 2022. págs. 9-14. [consulta: 2015-10-13]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23572/1/UPS-GT003976.pdf>
7. **CORTES CADAVID, Valeria & VARGAS GARCÍA, Marco Fabian.** Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias María Poussepin [en línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Católica de Colombia. Bogotá-Colombia, 2021. págs. 30-36. [consulta: 24 julio 2024]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5dbe9100-e30b-4c32-a627-a0492baa7f56/content>
8. **DÍAZ CORCOBADO, Tomás & CARMONA RUBIO, Guadalupe.** *Componentes de una instalación solar fotovoltaica. En: Instalaciones solares fotovoltaicas*. México: McGraw-Hill Ciclos Formativos, 2018. ISBN 9788448614485, pp. 8-30

9. **DOMINGUEZ, Javier.** *Tipos de paneles solares.* [blog] Cáceres-España: Cambio Energético, 2019. [consulta: 17 julio 2024]. Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>
10. **ECOINVENTOS.** *Paneles Solares De Película Delgada: Tecnología - Ventajas – Usos.* [blog]. España: Green Technology, 2023. [consulta: 22 julio 2024]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/paneles-solares-de-pelicula-delgada/>
11. **EIBAR BEJARANO, Carlos Gabriel & SILVA ESCOBAR, Vinicio Luis.** Diseño e implementación de un sistema automático de control de riego para la Estación Experimental – ESPOCH. [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador, 2012. págs. 18-26. [consulta: 2024-07-14]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2821>
12. **ENERGY DC/AC.** *Tecnología de inversor que me conviene según precio y eficiencia.* [blog]. España: Energy DC/AC, 2023. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://energydcac.com/tecnologia-inversor-precio-eficiencia>
13. **FERNÁNDEZ GÓMEZ, Rafael.** *Manual de riego para agricultores - Riego por aspersión* [en línea]. Sevilla: Secretaría General Técnica, 2010. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersi%20n.pdf
14. **GENEMCO.** *Bomba de desplazamiento positivo Viking H4124A (2 HP, 15 GPM máx.).* [en línea]. Texas: Tecnología de Shopify, 2024. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://genemco.com/es/products/bomba-de-desplazamiento-positivo-viking-h4124a-2-hp-15-gpm-max-otis89>
15. **GUEVARA LÓPEZ, Alex Camilo.** Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para el cultivo hidropónico en una planta piloto en el sector de San Vicente-Quero. [Trabajo de Titulación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2016. págs. 20-29. [consulta: 13 octubre 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4915>
16. **HERNÁNDEZ, Salvador.** *Conexiones del banco de baterías: recomendaciones generales.* [blog]. México: CCEEA, 2023. [consulta: 22 julio 2024]. Disponible en: <https://www.ccea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/conexiones-del-banco-de-baterias-recomendaciones-generales>
17. **HUNTER INDUSTRIES INCORPORATED.** *Manual de diseño de un sistema de riego residencial.* Hunter Industries Incorporated, 2013.
18. **HUNTER.** “Catálogo de Productos - Riego residencial, comercial y de golf”. *Hunter Industries* [en línea]. 2024, (United State of America), Vol. 40, págs. 16-68. [consulta: 24

- junio 2024]. Disponible en: https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/Hunter_Catalog_ES.pdf
19. **IMPINVT US.** *¿Por qué elegir un inversor solar de onda sinusoidal pura?* [blog]. United State of America: AMPINVT, 2023. [consulta: 5 noviembre 2024] Disponible en: <https://us.ampinvt.com/es/blogs/news/why-choose-a-pure-sine-wave-solar-inverter>
 20. **INNOVATIONE.** *Sistemas de riego I: características y tipos.* [blog]. España: Pingbacks, 2019. [consulta: 24 julio 2024]. Disponible en: <https://innovatione.eu/2019/07/08/riego-agricultura/>
 21. **LEDVANCE.** *Monocrystalline PERC PV Module Black Frame M530~550P72LM-BF-F3.* [blog]. Múnich, Alemania: Osram, 2024. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://www.ledvance.es/profesional/servicios/descargas/energia-renovable>
 22. **LIOTTA, Mario.** “Manual de capacitación - Riego por goteo”. *Prosap servir al agro*, 1ª ed., 2015, San Juan, pp. 5-25.
 23. **LORENZO ALONSO, José Alfonso.** *Sistema Fotovoltaico: ¿Qué es, ¿cómo funciona y aplicaciones?* [blog]. Madrid-España: *SunFields*, 2024. [consulta: 17 julio 2024]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/sistema-fotovoltaico-funciona-aplicaciones/#Cuales-son-los-componentes-de-un-sistema-solar-fotovoltaico>
 24. **MARTIN, Marta.** *Riego por aspersión – El Jardín de Marta.* [blog]. Madrid-España: *TuJardinOnline*, 2011. [consulta: 2 julio 2024]. Disponible en: <https://tujardinonline.wordpress.com/2011/10/27/riego-por-aspersion/>
 25. **MENDIOLA, Carlos.** *Qué son y cómo funcionan los paneles solares monocristalinos. Rincón de la Tecnología* [blog]. Madrid-España: Rincón de la Tecnología, 2023. [consulta: 22 julio 2024]. Disponible en: <https://rincondelatecnologia.com/paneles-solares-monocristalinos-que-son-y-como-funcionan/>
 26. **MONTALUISA TORRES, Thalía Lizbeth & VARGAS TOCA, Félix Gabriel.** Diseño e implementación de un sistema de riego inteligente para incrementar el rendimiento en los cultivos basado en energía solar fotovoltaica. [en línea]. (Trabajo de titulación).: Universidad de las Fuerzas Armadas. Latacunga-Ecuador, 2021. págs. 30-35. [consulta: 2024-10-13]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24271>
 27. **MORALES, Pablo.** *Riego por Aspersión.* [blog]. Uruguay: Unidad de hidrología, 2014. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/1031780/>
 28. **MOTORBA.** *Bombas Centrífugas De Agua: Funcionamiento, Tipos Y Aplicaciones. Motorba* [blog]. Buenos Aires: motorba.com.ar, 2023. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://motorba.com.ar/motor-centrifugo-para-agua/>

29. **MUÑOZ, Lucia.** *Riego por Microaspersión - Ventajas de usar Microaspersores de Riego.* [blog]. Madrid: Agrohuerto, 2021. [consulta: 2 julio 2024]. Disponible en: <https://www.agrohuerto.com/riego-por-microaspersion/>
30. **PEÑA, Luis.** *Sistema Fotovoltaico Aislado de la Red, Autónomo, Off Grid - ilumin - Cursos de Energía Solar.* [blog]. Santiago de Chile: ilumin, 2023. [consulta: 16 julio 2024]. Disponible en: <https://ilumin.online/sistema-fotovoltaico-aislado-de-la-red-autonomo-off-grid/>
31. **PERALTA, José María & SIMPFENDORFER, Christian.** *Riego por aspersión. - CARILLANCA* [blog]. Carillanca: Instituto De Investigaciones Agropecuarias Inia, 2001. [consulta: 14 octubre 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf?sequence=1>
32. **PINTO, Alberto.** *Cálculo de bomba para riego por aspersión - Diseño técnico de sistemas de riego.* [blog]. Honduras: IngenieriaReal.com, 2023. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: https://ingenieriareal.com/calculo-de-una-bomba-para-un-riego-por-aspersion/#google_vignette
33. **PLANTAE.** *Riego por aspersión.* [blog]. Madrid-España: writy.es, 2022. [consulta: 14 marzo 2024]. Disponible en: <https://plantae.garden/riego-por-aspersion/>
34. **PROVIENTO STORE.** *Controladores de carga.* [blog]. Ecuador: Morningstar, 2023. [consulta: 27 julio 2024]. Disponible en: <https://proviento.com.ec/11-controladores>
35. **PROVIENTO.** *Panel Solar 450Wp / 24VDC Monocristalino RESUN RS7I-M-450HC.* [blog]. Ecuador: Morningstar 2023. [consulta: 27 julio 2024]. Disponible en: <https://proviento.com.ec/paneles-solares/34-panel-solar-450wp-24vdc-monocristalino-resun-rs7i-m-450hc.html>
36. **RIVAL.** *Tuberías PVC Para Presión Tipo Roscable.* [blog]. Ecuador: Rival, 2018. [consulta: 26 julio 2024]. Disponible en: https://plasticosrival.com/files/products/pvc/catalogues/RIVAL_PVC_TuberiasPresionTipoRos cable.pdf
37. **SUNWISE.** *Tipos de paneles fotovoltaicos.* [blog]. Colombia: Sunwise Sales, 2023. [consulta: 16 julio 2024]. Disponible en: <https://blog.sunwise.io/que-tipos-de-paneles-fotovoltaicos-existen/>
38. **TRITEC INTERVENTO.** *Cómo calcular y diseñar un banco de baterías.* [blog]. Santiago de Chile: EmpDigital, 2020. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en: <https://tritec-intervento.cl/calculo-y-diseno-de-un-banco-de-baterias/>
39. **TRUPER.** *Bomba sumergible cubierta aluminio, agua limpia, 1/2HP.* [blog]. China: Truper S.A, 2024. [consulta: 5 noviembre 2024]. Disponible en:

https://www.truper.com/ficha_tecnica/Bomba-sumergible-metalica-para-agua-limpia-uso-rudo-1-2-HP-209.

40. **TU TIEMPO.** *Radiación solar en Riobamba* [blog]. Ecuador: Tut tiempo.net, 2024. [consulta: 27 julio 2024]. Disponible en: <https://www.tut tiempo.net/radiacion-solar/riobamba.html>
41. **VENTURA PALOMINO, Ronald & LIMA ESPERILLA, Franklin Alexander.** Diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba-2022 [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Continental, Huancayo , 2022. págs. 35-39. [consulta: 14 octubre 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14202>
42. **VILLEGAS TAPIA, Esteban Santiago & ALCÍVAR TELLO, Luis Enrique.** Diseño de un sistema fotovoltaico para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador. 2020. págs. 25-27. [consulta: 22 julio 2024]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19525/1/UPS-GT003047.pdf>
43. **WEATHER SPARK, 2024.** El clima en Riobamba, el tiempo por mes, temperatura promedio. [blog]. Ecuador: Weather Spark, 2024. [consulta: 27 julio 2024]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/20020/Clima-promedio-en-Riobamba-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
44. **YACUZZI, Enrique & MARTÍN, Fernando.** QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. [blog]. Buenos Aires: Econstor, 2003. [consulta: 19 junio 2024]. Disponible en: <https://www.econstor.eu/handle/10419/84469>

Total 44 referencias bibliográficas



ANEXOS

ANEXO A: PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE ASPERSORES Y DIFUSORES

Para garantizar un sistema de riego adecuado y uniforme se debe seguir un protocolo que garantice la durabilidad y el rendimiento, por ello a continuación se muestra los pasos a seguir.

1. Preparación del área del terreno

1.1. Diseñar el sistema

- Dibujar un plano del área de riego con las especificaciones del catálogo de hunter
- Diseñar y construir una cisterna de acuerdo con el consumo de agua.
- Calcular el caudal necesario que se va a necesitar para los aspersores.

1.2. Selección de aspersores

- Elegir el tipo de aspersor para la zona de riego ya sea de corto ó largo alcance.
- Para áreas pequeñas el difusor Pop-up PS 8A de ½ in y para áreas grandes el aspersor Pop-up PGJ de ½ in.

1.3. Herramientas

- Dado tarraja de ½ in y ¾ in
- 2 llaves de tubo
- Cinta teflón, como recomendación 6 vueltas en cada rosca.
- Permatex
- Pala para excavar la zanja

2. Instalación de la tubería

2.1. Excavación de la zanja

- Según recomendación del catálogo de hunter se debe realizar una zanja de 20 ó 30 cm.
- Trazar las líneas de instalación con el plano de diseño.

2.2. Conexión de tuberías

- Realizar una conexión adecuada para evitar fugas de fluido, se utiliza un dado tarraja para aumentar la rosca del tubo PVC y para unir dos tuberías o con accesorios utilizar teflón y Permatex para un sello hermético.
- De acuerdo con el área de riego instalar una electroválvula.

3. Instalación de difusores y aspersores

3.1. Ubicación y conexión del aspersor y difusor

- Con el plano de diseño colocar el aspersor ó el difusor en el punto específicos.
- Utilizar accesorios de conexión rápida y asegurar con teflón y Permatex para evitar fugas de fluido.

- Hay que asegurar que todas las conexiones del área de riego estén selladas herméticamente.

3.2. Ajustar ángulos de riego

- Utilizar un destornillador para ajustar el ángulo y el radio de riego de acuerdo con el catálogo de hunter y tomar en consideración que cubra toda el área específica.

4. Conexión al tablero de control

4.1. Instalación del controlador

- Conectar las electroválvulas con el tablero de control que está establecido el sistema.
- El sistema de riego está configurado con un sensor de humedad para las áreas verdes y un control manual para las dos canchas de juego.

5. Pruebas de funcionamiento

- Activar en el tablero de control para probar cada área de riego.
- Verificar si los aspersores están calibrados de la manera correcta.
- En el caso que estén de manera errónea volver a calibrar el ángulo y el radio de riego.
- Si se detecta fugas de fluido realizar las reparaciones pertinentes y reanudar las pruebas de funcionamiento.

6. Mantenimiento

- Inspeccionar el sistema periódicamente para asegurar que los aspersores funcionen adecuadamente.
- Verificar los aspersores que no exista ninguna obstrucción por la vegetación ó algún agente extraño que evite funcionar de la manera correcta.

ANEXO B: PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

1. Preparación

- El sitio debe ser accesible y adecuado para un acceso al mantenimiento.
- Verificar si la bomba a instalar cumpla con las especificaciones de caudal y presión.
- Tener las herramientas necesarias para la instalación.

2. Instalación de la bomba

- La base debe ser plana y la bomba debe quedar anclada al piso para evitar la vibración.
- La conexión de tubería de succión debe ser más grande que la tubería de expulsión.
- Instalar una válvula Check para retención de fluido y evitar daños en la bomba.

3. Conexión eléctrica

- Hay que asegurar que el suministro eléctrico este desconectado al momento de realizar la conexión.
- Utilizar el calibre adecuado del cable según las especificaciones de la bomba y el punto de suministro de energía en este caso paneles solares.
- Realizar una conexión a tierra para evitar descargas eléctricas.

4. Arranque de la bomba

- Cebado de la bomba
- Verificación de rotación
- Revisión de fugas
- Ajuste de presión

ANEXO C: PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

OBJETIVO: Definir los pasos y lineamientos para garantizar una instalación segura, eficiente y funcional de un sistema fotovoltaico.

1. Inspección inicial del sitio

- Verificar las condiciones estructurales del lugar.
- Determinar la ubicación óptima para los paneles considerando:
 - Orientación
 - Inclinación
 - Sombras
- Confirmar espacio para el inversor y, si aplica, baterías.

2. Preparación de materiales

- Inspeccionar el estado de los equipos.
- Verificar que todas las herramientas y materiales estén disponibles.

3. Instalación del sistema

- Montar las estructuras de soporte asegurándolas adecuadamente al techo o suelo.
- Fijar los paneles fotovoltaicos sobre la estructura:
 - Usar los tornillos y sujetadores recomendados.
 - Garantizar la estanqueidad y estabilidad.
- Realizar el cableado de los paneles:
 - Conexiones en serie/paralelo según diseño.
 - Uso de conectores MC4 y cables homologados.
- Instalar el inversor en el lugar designado.
- Conectar el inversor a los paneles, baterías.
- Instalar el sistema de puesta a tierra.
- Colocar el medidor bidireccional si es necesario.

4. Verificación y puesta en marcha

- Revisar todas las conexiones eléctricas.
- Medir la continuidad y aislamiento del cableado.
- Encender el sistema y registrar la producción inicial.
- Verificar la configuración y funcionamiento del inversor.

4. Documentación y entrega

- Proveer al propietario el manual del usuario y especificaciones técnicas.
- Capacitar sobre el uso y mantenimiento del sistema.

ANEXO D: PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se realiza de manera regular y planificada con el objetivo de evitar fallos y prolongar la vida útil de los equipos. Este tipo de mantenimiento se realiza sin que haya una falla detectada, con el fin de anticiparse a posibles problemas.

Actividades de mantenimiento preventivo para el sistema fotovoltaico:

1. Limpieza de los paneles solares:
 - Frecuencia: Cada 3 a 6 meses, dependiendo del entorno (más frecuente si se encuentra en zonas con mucha suciedad o polvo).
 - Método: Usar un paño suave o una esponja con agua tibia para eliminar el polvo y la suciedad. Evitar el uso de productos químicos agresivos que puedan dañar los paneles.
2. Inspección visual de los paneles solares:
 - Frecuencia: Cada 6 meses.
 - Método: Verificar que los paneles no tengan grietas, daños físicos o corrosión. Asegúrate de que no haya sombras que puedan afectar su rendimiento.
3. Revisión de conexiones eléctricas:
 - Frecuencia: Cada 6 meses.
 - Método: Comprobar que todas las conexiones del sistema fotovoltaico (paneles, controlador de carga, inversores) estén firmemente conectadas. Asegúrate de que no haya cables sueltos o corroídos que puedan causar un mal funcionamiento.
4. Verificación de la batería:
 - Frecuencia: Cada 6 meses.
 - Método: Revisa el estado de las baterías, asegurándote de que no haya fugas de ácido, corrosión o signos de sobrecarga. Verifica los niveles de carga y la capacidad restante.
5. Revisión del controlador de carga:
 - Frecuencia: Cada 6 meses.
 - Método: Verificar que el controlador de carga esté funcionando correctamente. Revisa los indicadores de carga y asegúrate de que las baterías estén siendo cargadas correctamente. Realiza pruebas para detectar posibles fallos en el sistema.
6. Revisión del sistema de riego (válvulas, aspersores, tuberías):
 - Frecuencia: Cada 3 a 6 meses.

- Método: Inspeccionar las válvulas solenoides, aspersores y tuberías para detectar fugas, obstrucciones o daños. Asegúrate de que el flujo de agua sea uniforme y que no haya presión insuficiente.
7. Prueba del sistema de control de riego (temporizador, sensores):
- Frecuencia: Cada 6 meses.
 - Método: Verificar que el controlador de riego (ya sea un temporizador o un sistema automático con sensores) esté funcionando correctamente. Asegúrate de que se active y desactive a los horarios correctos y de acuerdo con los parámetros establecidos.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en la monitorización continua de los componentes del sistema para detectar posibles fallos antes de que ocurran, utilizando herramientas de medición y análisis. Este tipo de mantenimiento requiere el uso de sensores y herramientas que permitan obtener datos en tiempo real.

Actividades de mantenimiento predictivo para el sistema fotovoltaico:

1. Monitorización de la generación de energía de los paneles solares:
 - Frecuencia: Continuamente (mediante sistemas de monitoreo remoto o local).
 - Método: Utiliza un sistema de monitoreo para verificar la salida de energía de los paneles solares. Si se detecta una caída significativa en la producción de energía, podría ser una señal de que los paneles están sucios, dañados o sombreados.
2. Verificación del rendimiento de la batería:
 - Frecuencia: Continuamente (mediante un sistema de monitoreo de la batería).
 - Método: Utiliza un sistema de monitoreo para verificar el estado de carga de la batería. Si la batería muestra signos de agotamiento rápido o no se carga adecuadamente, puede ser necesario reemplazarla antes de que falle completamente.
3. Revisión del inversor:
 - Frecuencia: Continuamente (mediante monitoreo remoto, si está disponible).
 - Método: Monitorea el inversor para detectar fluctuaciones o interrupciones en la conversión de energía. Si hay una disminución en la eficiencia de conversión, podría ser una señal de que el inversor está fallando.
4. Análisis de las condiciones del sistema de riego:
 - Frecuencia: Continuamente o periódicamente.
 - Método: Si el sistema tiene sensores de humedad o presión, estos deben ser monitoreados para asegurar que el riego se ejecute de acuerdo con las necesidades

del terreno. Los sensores deben ser calibrados regularmente para asegurar su precisión.

5. Monitoreo del sistema de control:
 - Frecuencia: Continuamente.
 - Método: Si el sistema de riego tiene una estación meteorológica o sensores automáticos, revisa periódicamente los datos recopilados (temperatura, humedad, radiación solar) para ajustar la programación del riego.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este proceso de mantenimiento se realizará cuando se haya detectado una falla en el sistema, buscando la reparación o el reemplazo de los componentes dañados.

Actividades de mantenimiento correctivo para el sistema fotovoltaico:

1. Reemplazo de paneles solares dañados:
 - Cuando se hace necesario: Si los paneles solares están físicamente dañados (grietas, corrosión, pérdida de eficiencia) o no generan la potencia esperada.
 - Método: Se debe reemplazar el panel solar por uno nuevo. Asegúrate de que el nuevo panel tenga la misma capacidad y características que el panel original.
2. Reemplazo de la batería:
 - Cuando se hace necesario: Si la batería no retiene carga adecuadamente, se sobrecalienta o se descarga rápidamente.
 - Método: Reemplaza la batería con una de la misma capacidad y tipo. Asegúrate de seguir las recomendaciones del fabricante para la instalación y conexión.
3. Reparación de conexiones eléctricas defectuosas:
 - Cuando se hace necesario: Si se detectan problemas como cables sueltos, corrosión o cortocircuitos.
 - Método: Reemplaza los cables dañados, limpia las conexiones corroídas y asegúrate de que todas las conexiones sean seguras.
4. Reparación del sistema de control de riego:
 - Cuando se hace necesario: Si el sistema de control de riego (temporizador, válvulas solenoides, sensores, etc.) no está funcionando correctamente.
 - Método: Diagnostica el fallo (por ejemplo, válvulas atascadas, fallos en el temporizador, mal funcionamiento de los sensores) y reemplaza los componentes defectuosos.
5. Reparación de fugas en las tuberías de riego:
 - Cuando se hace necesario: Si se detectan fugas de agua en las tuberías o válvulas.

- Método: Localiza la fuga y repara o reemplaza las piezas dañadas. Reemplaza las juntas o conexiones defectuosas.

6. Reemplazo del inversor:

- Cuando se hace necesario: Si el inversor presenta fallos o no está funcionando correctamente (por ejemplo, no convierte la energía de manera eficiente).
- Método: Reemplaza el inversor con uno nuevo o lleva el antiguo a un servicio técnico si es reparable.

ANEXO E: FICHA TÉCNICA DE BOMBA JET DE 1HP



| Modelo | Rut | Potencia (HP) | Impulsa (Anpa) | Flujo (l/min) | Q max (GPM)** | Succión | Descarga | Peso (Kg) |
|-----------------------|-------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------|----------|-----------|
| JE 1 10-1-1 HF | E0292 | 1.3 | 10.0 | 45 | 17 | 1" | 1" | 14.2 |

* La altura (ft) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (medir metros columna de agua)

** El caudal (GPM) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

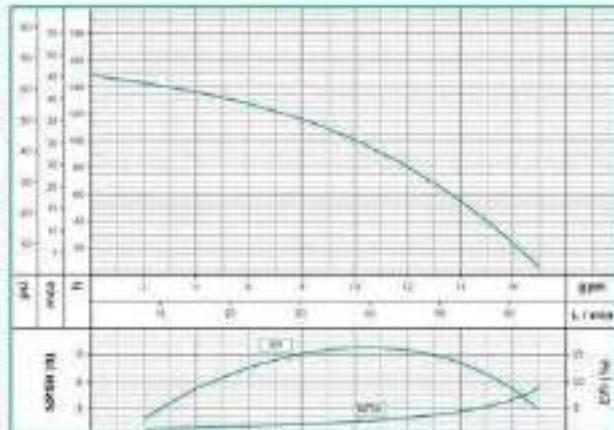
| Materiales | |
|----------------|--------------------|
| Cabeza | Hierro fundido |
| Cáscara | Hierro fundido |
| Impulsor | Acero inoxidable |
| Sello mecánico | Buna/Carbon/Carbón |
| Válvula | Noryl |
| Empaques | Buna Nitrilo |

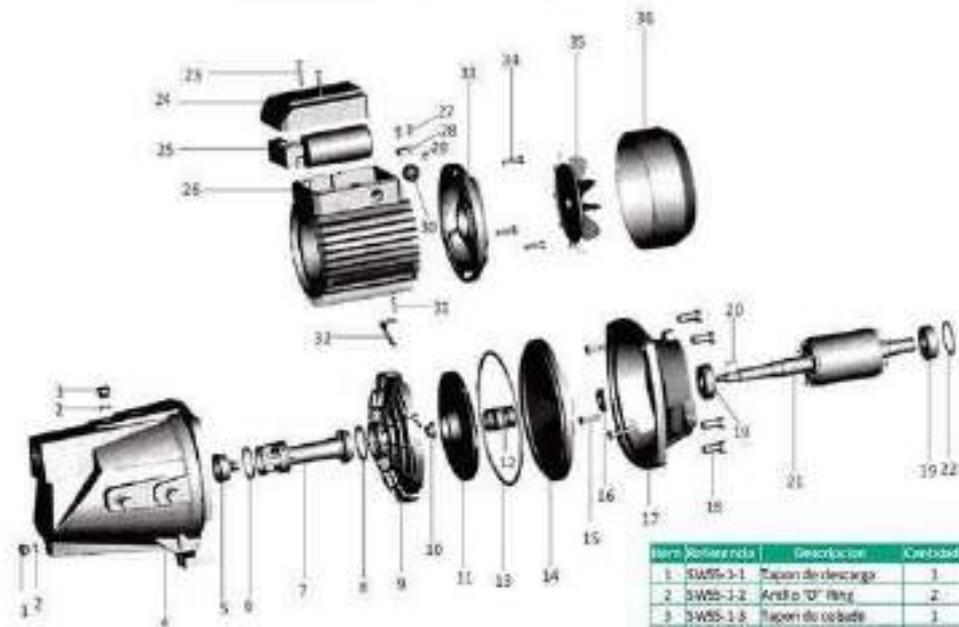


| Características de la bomba | |
|-----------------------------|---|
| Tipo de bomba | Centrífuga |
| Tipo de acoplamiento | Monobloque |
| Succión | 1" NPT |
| Descarga | 1" NPT |
| Tipo de impulsor | Cerrado <small>(Barrido trasversal según ISO 141)</small> |
| Sólo en suspensión | 1 mm max. |
| Tipo de sello | Sello mecánico |
| Temperatura Máx. Líquido | 167°F (75°C) Continuo |
| Conexión eléctrica | Cable 1 metro |

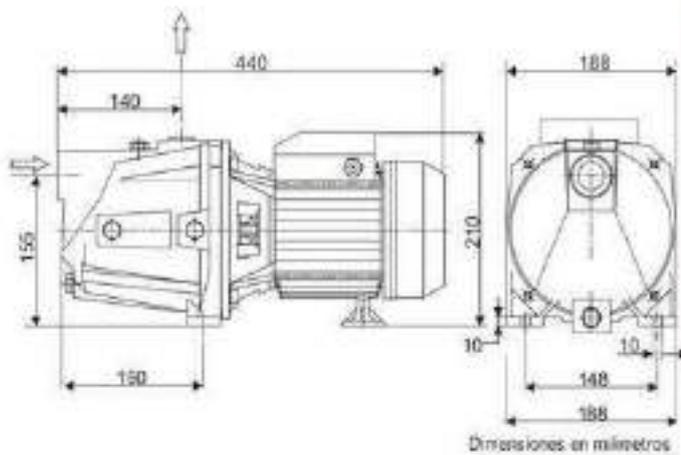
| Aplicaciones | |
|--------------|--|
| • | Aprovisionamiento de aguas limpias |
| • | Recirculación de agua en torres de enfriamiento |
| • | Refrigeración de maquinaria/Circuitos de recirculación |
| • | Sistemas de presión |
| • | Uso doméstico |

| Características del Motor | |
|---------------------------|--------------------|
| Tipo | Eléctrico |
| Potencia | 1.3hp |
| Velocidad | 3450 RPM (nominal) |
| Aislamiento | Clase B |
| Voltaje | 110/220 |
| Factor de servicio | 1.0 |
| Frecuencia | 60Hz |
| Fases | 1 |





| Item | Referencia | Descripción | Cantidad |
|------|------------|------------------------|----------|
| 1 | SWSS-1-1 | Tapon de descarga | 1 |
| 2 | SWSS-1-2 | Anillo "O" Ring | 2 |
| 3 | SWSS-1-3 | Tapon de oculto | 1 |
| 4 | SWSS-1-4 | Cuerpo de la bomba | 4 |
| 5 | SWSS-1-5 | Soporte | 1 |
| 6 | SWSS-1-6 | Anillo "O" Ring | 1 |
| 7 | SWSS-1-7 | Tubo Venturi | 1 |
| 8 | SWSS-1-8 | Anillo "O" Ring | 1 |
| 9 | SWSS-1-9 | Volante | 1 |
| 10 | SWSS-1-10 | Flaneca | 1 |
| 11 | SWSS-1-11 | Impulsor | 1 |
| 12 | SWSS-1-12 | Sello de carter | 1 |
| 13 | SWSS-1-13 | Anillo "O" Ring | 1 |
| 14 | SWSS-1-14 | Cubierta de la carcasa | 1 |
| 15 | SWSS-1-15 | Flaneca | 1 |
| 16 | SWSS-1-16 | Acandila deflectora | 1 |
| 17 | SWSS-1-17 | Acople Bomba | 1 |
| 18 | SWSS-1-18 | Flaneca | 4 |
| 19 | SWSS-1-19 | Soportamiento | 2 |
| 20 | SWSS-1-20 | Caja | 1 |
| 21 | SWSS-1-21 | Rotor | 2 |
| 22 | SWSS-1-22 | Arandela condalada | 1 |
| 23 | SWSS-1-23 | Flaneca | 2 |
| 24 | SWSS-1-24 | Tapa Roseta | 1 |
| 25 | SWSS-1-25 | Engleta de Bomba | 6 |
| 26 | SWSS-1-26 | Eléctrico | 2 |
| 27 | SWSS-1-27 | Capacitor | 1 |
| 28 | SWSS-1-28 | Flaneca | 1 |
| 29 | SWSS-1-29 | Frenacable | 1 |
| 30 | SWSS-1-30 | Rozor de conexión | 1 |
| 31 | SWSS-1-31 | Flaneca | 1 |
| 32 | SWSS-1-32 | Flaneca | 1 |
| 33 | SWSS-1-33 | Tapa Maquina rotor | 1 |
| 34 | SWSS-1-34 | Flaneca | 3 |
| 35 | SWSS-1-35 | Neotriador | 1 |
| 36 | SWSS-1-36 | Capenulo | 1 |

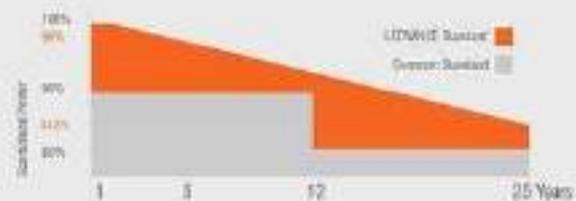


ANEXO F: FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 550W



M530~550P72LM-BF-F3

144CELLS HALF-CUT
Monocrystalline PERC PV Module
Black Frame



12 YEARS

Product guaranteed

25 YEARS

Output guaranteed

530-550Wp

Power range

21,29%

Maximum efficiency

0,55%

Yearly degradation

1000

Excellent Cell Efficiency
Multi Bus Bar technology increases the efficiency of the modules.

PID

Resistance to power degradation

Resistance to power degradation caused by Potential Induced Degradation (PID) effect, thanks to strict quality control in the module production process and other subassemblies.

Better Weak Illumination Response

More power output in weak light conditions, such as haze, clouds and early morning.

Adapted to harsh outdoor environments

Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperatures and high humidity environments.

Highest production standards

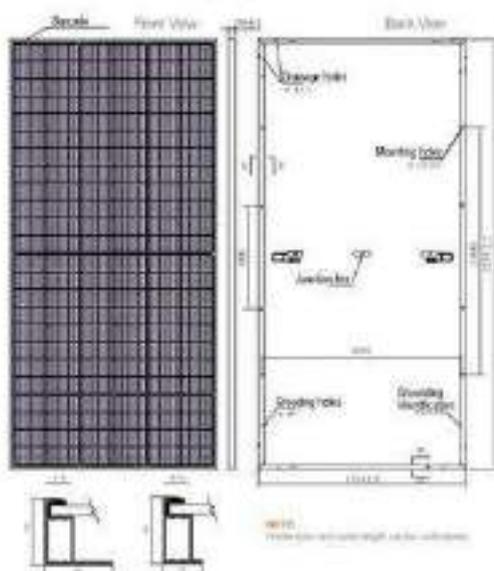
Guarantees of operational reliability and quality module implementations go far beyond requirements specified in particular.



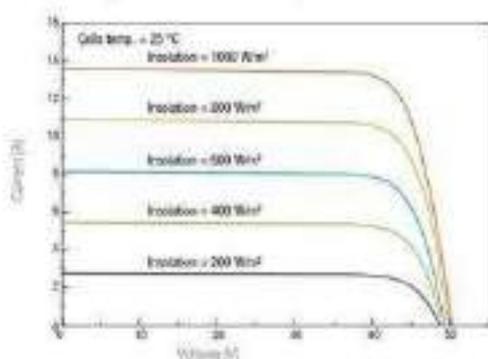
EN 12151: Design-related to electrical approval
EN 61713: PV module construction
EN 61712: Solar panel connection
EN 61714: Electrical connection
EN 61713: Electrical connection and test

With subsidiaries in more than 20 countries and business activities in over 100 countries, LEDVANCE is committed to applying innovative and durable PV products to customers to create together a greener planet.

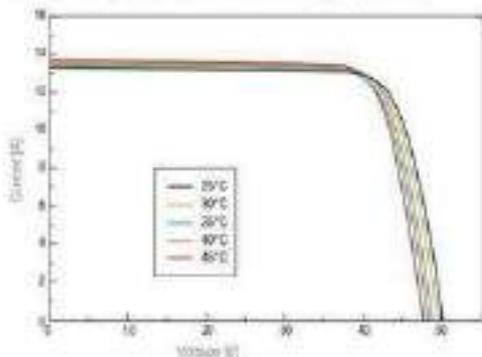
Dimensions of PV module (mm)



Current-voltage curve of the module by different Insolation



Current-voltage curve of the PV module by temperature



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Power Load | 500 | 600 | 540 | 540 | 500 |
| Maximal power P_{max} (Wp) | 500 | 600 | 540 | 540 | 500 |
| Maximal power voltage V_{mp} (V) | 31.67 | 41.66 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Maximal power current I_{mp} (A) | 15.75 | 14.40 | 13.50 | 13.50 | 12.50 |
| Open-circuit voltage V_{oc} (V) | 40.00 | 49.70 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Short-circuit current I_{sc} (A) | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 |
| Module efficiency (%) | 20.51 | 29.71 | 25.95 | 25.95 | 21.29 |

Note: P_{max} is at $T_{cell} = 25^\circ\text{C}$.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Power Load | 300 | 400 | 460 | 460 | 300 |
| Maximal power P_{max} (Wp) | 300 | 400 | 460 | 460 | 300 |
| Maximal power voltage V_{mp} (V) | 30.45 | 39.60 | 39.00 | 39.00 | 39.23 |
| Maximal power current I_{mp} (A) | 10.40 | 10.10 | 11.82 | 11.82 | 10.00 |
| Open-circuit voltage V_{oc} (V) | 40.00 | 49.70 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Short-circuit current I_{sc} (A) | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 |

Note: P_{max} is at $T_{cell} = 25^\circ\text{C}$.

WORKING CONDITIONS

| | |
|------------------------|--|
| Maximal system voltage | 1500 V DC |
| Operating temperature | $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ |
| Operating humidity | 5-95% |
| Maximal current flow | 25 A |
| Front-face static load | 5000 Pa / 2400 kg |

MATERIALS INFO

| | |
|-------------------|--|
| Solar cells | Monocrystalline |
| Number of cells | 144 / 60% conversion |
| Size of cells | 152 x 91 mm |
| Module dimensions | 2250 x 1125 x 30 mm |
| Color | Black frame |
| Weight | 17.4 kg |
| Glass | 3.2 mm tempered glass, anti-reflection coating |
| Type of frame | Anodized aluminum alloy |
| Junction box | IP65, 3 diodes |
| Cables | 4 mm ² , 300 mm or 1400 mm |
| Connectors | Standard MC4 (50/2) |

TEMPERATURE VALUES

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| MMBT | 44.3 °C |
| Temperature coefficient of P_{max} | -0.30% / °C |
| Temperature coefficient of V_{oc} | -0.215% / °C |
| Temperature coefficient of I_{sc} | 0.05% / °C |

MECHANICAL INFORMATION

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Depth (mm) | 30 |
| Size of packing | 2250 x 1125 x 1200 mm |
| Weight of packing | 132 kg |
| Price / Container (50145) | 750 |

NOTES

- 1. IEC 61215-1 Ed. 2 (2016) 1000h test report and IEC 61215-2 Ed. 2 (2016) 2000h test report are available on request.
- 2. IEC 61730-1 Ed. 2 (2016) 1000h test report and IEC 61730-2 Ed. 2 (2016) 2000h test report are available on request.

CAUTION

- 1. Do not connect this device to any other electrical device.
- 2. Do not connect this device to any other electrical device.
- 3. Do not connect this device to any other electrical device.
- 4. Do not connect this device to any other electrical device.
- 5. Do not connect this device to any other electrical device.

LEDVANCE.COM

ANEXO G: FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA DE 90AH – 12V



Batería Gel Ciclo Profundo 12V 100Ah para Energía y UPS

Descripción del producto:

La **Batería Gel Ciclo Profundo 12V 100Ah** es una solución ideal para diversas aplicaciones energéticas y UPS. A continuación, se presentan sus características principales:

- **Modelo:** B100AMCA
- **Voltaje nominal:** 12V
- **Uso recomendado:**
 - UPS
 - Energía eléctrica
 - Iluminación
 - Bicicletas eléctricas
 - Barcos
 - Centrales de alarma o incendio
 - Lámparas de emergencia
 - Cercos eléctricos
 - Equipos médicos
- **Especificaciones:**
 - Voltaje: 12V / 100 Ah / 6 celdas por unidad
 - Capacidad: 20 horas, 5.35A, 10.5V
- **Ventilación:** Permite liberar el exceso de gas cuando la presión se eleva.

ANEXO H: FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR DE CARGA MPPT 60A



INTELLIGENT PROTECTION

-  Over-discharging
-  Overcharging
-  Overload
-  Short Circuit

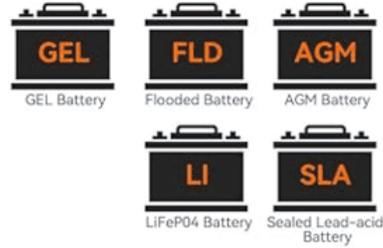
-  Temperature Compensation
-  Reverse Polarity Protection

-  Reverse Current Protection



Compatible With All Popular Batteries

12V/24V/36V/48V Auto



| Sequence | Display | Battery Type |
|----------|---------|--------------------------------|
| 1 | SEL | Sealed Lead Acid Battery |
| 2 | USE | User-Defined |
| 3 | N14 | Tertiary Lithium Battery |
| 4 | N13 | Tertiary Lithium Battery |
| 5 | N07 | Tertiary Lithium Battery |
| 6 | N06 | Tertiary Lithium Battery |
| 7 | N03 | Tertiary Lithium Battery |
| 8 | L16 | Lithium Iron Phosphate Battery |
| 9 | L15 | Lithium Iron Phosphate Battery |
| 10 | L08 | Lithium Iron Phosphate Battery |
| 11 | L04 | Lithium Iron Phosphate Battery |
| 12 | FLd | Vented Lead Acid Battery |
| 13 | GEL | Colloidal Lead Acid Battery |

Enhanced User Interface with a Large Screen



- ① Day or night indicating icon
- ② Indicates the remaining battery capacity
- ③ Working mode
- ④ Periodic running status of the load and warning state
- ⑤ Indicate PV input voltage/power
- ⑥ Indicate Current battery voltage
- ⑦ Indicate working mode of load

The POW-M60-MAX features an expanded LCD display interface, significantly enhancing the user experience of the operating interface



MPPT 60A -POW-M60 MAX

60A MPPT Solar Charge Controller

| | |
|-------------------------------|--|
| Rated Charging Current: | 60A |
| Rated Load Current: | 25A |
| Nominal System Voltage: | 12V/24V/36V/48V |
| Max. PV Open Circuit Voltage: | 80V/12V Battery; 105V/24V; 160V/36V; 160V/48V |
| Max.PV Input Power: | 720W/12V Battery; 1440W/24V; 2100W/36V; 2800W/48V |
| Self-consumption: | 0.7W-1.2W |
| Battery Voltage Range: | 9~70V |
| Operating Temperature: | -35℃~+45℃ |
| Net weight: | 1.45kg (3lbs) |
| Dimension: | 9.1*6.5*2.8in |



POW-M60-MAX

75A ANDERSON CONNECTOR, PLUG AND PLAY

LARGE LCD DISPLAY SCREEN

PACKAGE:

- 1x solar controller
- 1 Pair 10awg 9m Solar Cable
- 1 Pair 10awg 9m Battery Cable
- 1 Pair 75A ADs Terminal
- 1x English manual
- 1x Easy Installation Guide

POW-M60-PRO

ORDINARY SCREW TERMINAL

SMALL LCD DISPLAY SCREEN

PACKAGE:

- 1x solar controller
- 1x English manual
- 1x Easy Installation Guide

SOLAR CHARGE CONTROLLER



PowMr MPPT 60A Solar Controller

- Support 12V/24V/36V/48V
- Rated Load Current 25A
- Max. PV Open Circuit Voltage: 160V
- Plug-and-Play, Easy to Install



Other 60A MPPT Controller

- Only 12V/24V
- Rated Load Current 20A
- Max Solar Input Voltage 95V
- Non-plug-and-play terminals, screws need to be tightened

ANEXO I: FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR HIBRIDO 5KVA

Intelligent display screen
**SIX DATA LCD
MONITOR DISPLAY**



AC OUTPUT AC OUTPUT

ON OFF



NCKOU
POWER INVERTER 5000W
DC 24V TO AC 110V
Model: 24V-5000W Manufacturer: Hanzhou Genet Technology Co., Ltd

11.69 in (297 mm)
6.89 in (175 mm)
3.34 in (85 mm)

| | |
|--|-------------------------------|
| Output waveform: pure sine wave | |
| Output voltage: 110V | Model: 24V-5000W |
| Continuous power: 2500 watts | Peak power: 5000 watts |
| Output socket: 2 | Cooling Fan: Dual Cooling Fan |
| Display: 6 big data LCD color display (Input voltage/ Energy bar/Output voltage/Current frequency/Load power/Fan start) | |
| Product size: 297*175*85 mm (±3 mm) / 11.69*6.89*3.34 in (±0.11 in) | |

Pure sine wave load parameter table

Note: Due to the different parameters and models of electrical appliances tested and customers, you can consult our professional customer service for specific electrical appliances

Home and Office Appliances

| Inverter model | 1600W | 2200W | 3200W | 4000W | 4600W | 5000W | 8000W | 10000W |
|--|-----------|------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| Bulbs/LED Lights | 800 watts | 1100 watts | 1600 watts | 2000 watts | 2300 watts | 2500 watts | 4000 watts | 5000 watts |
| Fan/TV/Computer | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Computer Speaker /Subwoofer | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Horizontal freezer | ✗ | ✗ | Within 1.8 meters | within 2 meters | more than 2 meters | ✓ | ✓ | ✓ |
| household upright refrigerator | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Rice cooker /Induction cooker, etc. heating appliances | 800 watts | 1100 watts | 1600 watts | 2000 watts | 2300 watts | 2500 watts | 4000 watts | 5000 watts |
| Ink / Needle / Thermal printer | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| air conditioner | ✗ | ✗ | 1.5 HP Inverter | 2 HP Inverter | 3 HP Inverter | 3 HP Inverter | 3 HP Inverter | 3 HP Inverter |

Commercial and electrical appliances

| Inverter model | 1600W | 2200W | 3200W | 4000W | 4600W | 5000W | 8000W | 10000W |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| gas oven | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Cup sealing machine / plastic sealing machine | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Hammer /Angle Grinder | 800 watts | 1100 watts | 1600 watts | 2000 watts | 2300 watts | 2500 watts | 4000 watts | 5000 watts |
| car washer | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Meat grinder /shredder | ✗ | ✗ | 500watts | 1000 watts | 1200 watts | 2500 watts | 3000 watts | 5000 watts |
| water pump /air pump | ✗ | ✗ | 500watts | 1000 watts | 1200 watts | 2500 watts | 3000 watts | 5000 watts |
| Electric hoist /small crane | ✗ | ✗ | 500watts | 1000 watts | 1200 watts | 2500 watts | 3000 watts | 5000 watts |
| electric welding machine | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | Type 200/315 | Type 250/315 |
| Ice cream machine | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | 3000 watts | 3000 watts |



Representative tested can be brought up due to electrical different, for reference only, no guarantee



The representative has been tested and cannot be brought up due to electrical appliances different, for reference only, no guarantee

INSTRUCTIONS FOR USE

Please be sure to read the following product description before purchasing or using it, so as not to buy the wrong product and not use it normally. For detailed questions, please contact customer service.

Please check the usage matters before using it!

1. EXCEPT FOR INVERTERS OF GENERAL VOLTS, OTHER INVERTERS OF SPECIAL TYPE, THE BATTERY VOLTAGE MUST BE CONSISTENT WITH THE NOMINAL VOLTAGE OF THE INVERTER.

THE INPUT VOLTAGE OF THE DEDICATED INVERTER IS NOT UNIVERSAL, THE 12V INVERTER CAN ONLY BE CONNECTED TO THE 12V BATTERY, OTHER VOLTAGE IT IS ALSO NECESSARY TO CONNECT THE CORRESPONDING BATTERY. PLEASE CONFIRM THE VOLTAGE OF THE BATTERY BEFORE PLACING AN ORDER. A BATTERY CONSISTS OF 12V, TWO BATTERIES USED IN SERIES ARE 24V, FOUR BATTERIES OF ELECTRIC VEHICLES ARE 48V, FIVE BATTERIES ARE 60V, AND SIX BATTERIES ARE USED FOR 72V, OR YOU SEE YOUR CHARGER ALSO HAS INSTRUCTIONS.

THE UNIVERSAL VOLT MODEL IS 12V-24V UNIVERSAL, 48V-60 UNIVERSAL, 60V-72V UNIVERSAL, NOT UNIVERSAL FOR ALL VOLTS.

2. TO BRING HIGH-POWER ELECTRICAL APPLIANCES, THE BATTERY CAPACITY SHOULD BE LARGE ENOUGH.

THE SIZE OF THE BATTERY DEPENDS ON HOW MUCH POWER YOU NEED TO BRING.
BATTERY VOLTAGE (V) X BATTERY CAPACITY (AH) = HOW MUCH POWER THE BATTERY CAN CARRY

EXAMPLE: A 12V CAR BATTERY WITH A CAPACITY OF 80AH. THE ELECTRICAL APPLIANCE WITH THE MAXIMUM POWER IS 12X80=960W AFTER STARTING THE CAR, YOU CAN BRING ABOUT 1000W OF ELECTRICAL APPLIANCES. THE BATTERY CAPACITY IS SMALL OR THE BATTERY IS DEAD, CONNECT THE ELECTRICAL APPLIANCE THE INVERTER WILL TURN ON RED LIGHT OR ALARM, AND THERE IS NO 110V POWER OUTPUT.

JUDGMENT METHOD: AFTER TURNING ON THE INVERTER, CONNECT THE ELECTRICAL APPLIANCE, OBSERVE THE DISPLAYED INPUT VOLTAGE OF THE INVERTER, IF THE BATTERY VOLTAGE INSTANTANEOUSLY DROP A FEW V OR SO (FOR EXAMPLE, A 12V BATTERY INSTANTLY DROPS TO 10V AND AN ALARM OCCURS), THIS IS THE BATTERY CAPACITY IS SMALL OR THE BATTERY IS DEAD.

SOLUTION: IF THE BATTERY CAPACITY IS SMALL, YOU CAN REPLACE THE LARGE-CAPACITY BATTERY OR INCREASE THE USE OF THE BATTERY IN PARALLEL; OR YOU CAN USE A LOW-POWER ELECTRICAL APPLIANCE. IF THE BATTERY CAPACITY IS LARGE ENOUGH BUT THE POWER IS NOT ENOUGH, IT NEEDS TO BE FULLY CHARGED.

3. PLEASE USE OUR ORIGINAL ASSEMBLY LINE, BECAUSE THE LINE IS TOO LONG AND TOO THIN WILL AFFECT THE CURRENT

BECAUSE **POWER = VOLTAGE X CURRENT** THAT IS, THE LOWER THE VOLTAGE, THE GREATER THE CURRENT.

BECAUSE THE VOLTAGE CURRENT OF THE BATTERY IS ABOUT 10 TIMES LOWER THAN THE 110V VOLTAGE OF THE HOME APPLIANCE, ACCORDING TO THE SMALLER THE VOLTAGE, THE PRINCIPLE OF GREATER CURRENT: THAT IS, THE CURRENT OF THE BATTERY IS ABOUT 10 TIMES LARGER THAN THAT OF THE HOME APPLIANCE, SO THE LINE CONNECTING THE BATTERY IS THICK. IT NEEDS TO BE THICKER THAN THE WIRE OF THE HOUSEHOLD OLD CIRCUIT TO MAKE THE CURRENT UNIVERSAL FOR CONVERSION.

WIRING METHOD: WHEN IT IS NECESSARY TO LENGTHEN THE INPUT WIRE TO CONNECT TO THE BATTERY, THE WIRE MUST BE THICK ENOUGH TO SUPPLY CURRENT. THEREFORE: 12V BATTERY NEEDS TO CONTROL THE CABLE LENGTH WITHIN 3 METERS AS MUCH AS POSSIBLE, AND THE CABLE THICKNESS SHOULD BE MORE THAN 16 SQUARE METERS. FOR 24V BATTERIES, THE CABLE LENGTH SHOULD BE CONTROLLED WITHIN 8 METERS AS MUCH AS POSSIBLE, AND THE CABLE THICKNESS SHOULD BE 16 SQUARE METERS OR MORE.

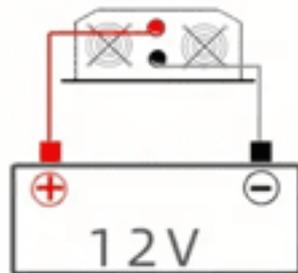
Requirements for connecting wires: National standard pure copper wires are required, cables and aluminum core wires are not supported.

PRODUCT INSTRUCTIONS

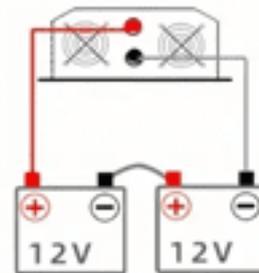


The black wire is connected to the black terminal of the inverter and the negative terminal of the battery
The red wire is connected to the red terminal of the inverter and the positive pole of the battery

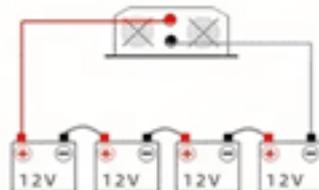
1. NCKOU original wire is industry standard wire and length of it about 50cm . If you need to lengthen the wire you need to use the national standard pure copper wire of more than 16 square meters. Otherwise, the output power will be affected. The longer the wire, the thicker the wire is required.
2. Do not use electrical appliances with more than 150W connected to the cigarette lighter, otherwise it will burn out the car fuse, with more than 150W of electricity. The device needs to be directly connected to the positive and negative poles of the battery.



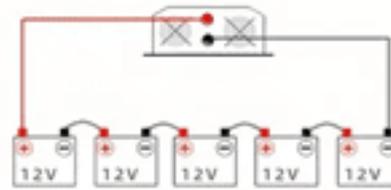
12V battery connection diagram



24V battery connection diagram



48V battery connection diagram



60V battery connection diagram

ANEXO J: FICHA TÉCNICA DE LA TUBERÍA DE PVC



APLICACION

Diseñada para transportar agua potable a grandes presiones y utilizada dentro de edificaciones de todo tipo, la tubería para presión roscable, por su gran resistencia mecánica, ha resuelto óptimamente, entre algunas de sus aplicaciones, los problemas de acometidas domiciliarias, en consideración a la facilidad de instalación y durabilidad.

VENTAJAS

Ofecon las siguientes ventajas al igual que todas las tuberías de uPVC producidas por Plásticos Rival:

- Resistencia a altas presiones
- Bajo coeficiente de fricción
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la corrosión
- No transmite olor ni sabor
- Auto-extinguibles
- Resistencia a la electrolisis
- Son livianas
- Simplicidad y economía en la instalación.

ESPECIFICACIONES

- Unión tipo rosca
- Longitud L = 6m



| DN (mm) | DENOMINACIÓN DE LA ROSCA | ESPESOR MÍNIMO (mm) | PRESIÓN DE TRABAJO | |
|---------|--------------------------|---------------------|--------------------|-------|
| | | | (MPa) | (PSI) |
| 21,34 | 1/2 | 3,73 | 2,90 | 420 |
| 25,67 | 3/4 | 3,91 | 2,34 | 340 |
| 33,40 | 1 | 4,55 | 2,21 | 320 |
| 48,26 | 1 1/2 | 5,08 | 1,65 | 239 |
| 60,32 | 2 | 5,54 | 1,38 | 200 |

RE

Rev.01

Revisado: 2018-08



TODOS LOS TUBOS... TODOS LOS USOS

www.plasticosrival.com

ANEXO K: FICHA TÉCNICA DE LOS ASPERSORES HUNTER PGJ-04

PGJ SRM PGP[®] PGP[®] ULTRA I-20 I-25 I-40 I-50 SISTEMA ST HSI

PGJ

Radio: 4,3 m a 11,6 m
Caudal: 0,13 a 1,23 m³/h; 2,2 a 20,5 l/min
Conexión: 1/2"

ASPERSORES

CARACTERÍSTICAS

- Modelos: Aéreo, 10, 15 y 30 cm
- Configuración del sector: de 40° a 360°
- Tipos de boquilla: 8
- Rango de boquillas: de 0,75 a 5,0
- Boquilla estándar de fábrica: 1,0
- Cubierta de goma instalada de fábrica
- Ajuste del sector por la parte superior
- Mecanismo de verificación rápida del sector
- Engranaje lubricado por agua
- Periodo de garantía: 2 años
- Tornillo retenedor: plano o con cabeza
- Tapa de identificación de agua reciclada
- Válvula antidrenaje (hasta 2 m de drenaje)

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Radio: de 4,3 a 11,6 m
- Caudal: de 0,13 a 1,23 m³/h; de 2,2 a 20,5 l/min
- Intervalo de presión recomendada: de 1,7 a 3,8 bar; de 170 a 380 kPa
- Intervalo de presión de funcionamiento: de 1,4 a 7,0 bar; de 140 a 700 kPa
- Pluviométrico: 15 mm/h aguas
- Trayectoria boquilla: 15° aguas
- = Descripción detallada de funciones avanzadas en la página 20



PGJ agua reciclada
Disponible como opción instalada de fábrica en todos los modelos.

PGJ - ESPECIFICACIONES: ORDEN 1 + 2 + 3

| 1 | 2 | 3 |
|------------------------------|--|--|
| Modelo | Características estándar | Características opcionales |
| PGJ-00 = Aireo | Sector ajustable, 8 boquillas estándar | (en blanco) = No opción |
| PGJ-04 = Emergencia de 10 cm | | V = Válvula antidrenaje |
| PGJ-06 = Emergencia de 15 cm | | R = Válvula antidrenaje 15 de agua reciclada |
| PGJ-12 = Emergencia de 30 cm | | |

Opciones:

- PGJ-04 = Emergencia de 10 cm, sector ajustable
- PGJ-06 = V = Emergencia de 15 cm, sector ajustable, válvula antidrenaje
- PGJ-12 = R = Emergencia de 30 cm, sector ajustable, válvula antidrenaje, 0 de agua reciclada



PGJ-00
Altura total: 18 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"



PGJ-04
Altura total: 18 cm
Altura de emergencia: 10 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"



PGJ-06
Altura total: 23 cm
Altura de emergencia: 15 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"

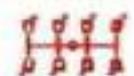


PGJ-12
Altura total: 41 cm
Altura de emergencia: 30 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"

DATOS DE RENDIMIENTO DE BOQUILLAS PQJ

| Boquilla | Presión Bar | kPa | Radio m | Caudal m ³ /h | l/min | Flujo | |
|----------------------|----------------|------|------------|-----------------------------|-------|-------|----|
| | | | | | | ■ | ▲ |
| .75 ● Fijo | 1.7 | 170 | 4.3 | 0.59 | 2.2 | 14 | 17 |
| | 2.0 | 200 | 4.6 | 0.34 | 2.4 | 14 | 16 |
| | 2.5 | 250 | 4.9 | 0.36 | 2.7 | 13 | 16 |
| | 3.0 | 300 | 5.2 | 0.39 | 3.0 | 15 | 16 |
| | 3.5 | 350 | 5.3 | 0.54 | 3.2 | 14 | 17 |
| 3.8 | 380 | 5.5 | 0.20 | 3.4 | 15 | 16 | |
| 1.0 ● Fijo | 1.7 | 170 | 5.2 | 0.38 | 3.0 | 13 | 15 |
| | 2.0 | 200 | 5.5 | 0.39 | 3.2 | 13 | 15 |
| | 2.5 | 250 | 5.5 | 0.21 | 3.5 | 14 | 16 |
| | 3.0 | 300 | 5.8 | 0.23 | 3.8 | 14 | 16 |
| | 3.5 | 350 | 6.0 | 0.24 | 4.1 | 15 | 17 |
| 3.8 | 380 | 6.1 | 0.25 | 4.2 | 14 | 16 | |
| 1.5 ● Fijo | 1.7 | 170 | 6.1 | 0.27 | 4.5 | 15 | 17 |
| | 2.0 | 200 | 6.4 | 0.25 | 4.8 | 14 | 16 |
| | 2.5 | 250 | 6.4 | 0.32 | 5.4 | 16 | 18 |
| | 3.0 | 300 | 6.7 | 0.35 | 6.0 | 16 | 18 |
| | 3.5 | 350 | 6.9 | 0.36 | 6.4 | 17 | 20 |
| 3.8 | 380 | 7.0 | 0.60 | 6.7 | 16 | 19 | |
| 2.0 ● Fijo | 1.7 | 170 | 7.0 | 0.34 | 5.6 | 14 | 16 |
| | 2.0 | 200 | 7.3 | 0.37 | 6.2 | 14 | 16 |
| | 2.5 | 250 | 7.9 | 0.42 | 7.1 | 16 | 18 |
| | 3.0 | 300 | 7.6 | 0.48 | 8.0 | 17 | 19 |
| | 3.5 | 350 | 7.9 | 0.53 | 8.8 | 16 | 21 |
| 3.8 | 380 | 7.9 | 0.56 | 9.3 | 18 | 20 | |
| 2.5 ● Fijo | 1.7 | 170 | 7.9 | 0.40 | 7.6 | 15 | 17 |
| | 2.0 | 200 | 8.2 | 0.49 | 8.7 | 14 | 17 |
| | 2.5 | 250 | 8.3 | 0.54 | 9.9 | 16 | 18 |
| | 3.0 | 300 | 8.5 | 0.59 | 9.8 | 16 | 19 |
| | 3.5 | 350 | 8.5 | 0.63 | 10.5 | 17 | 20 |
| 3.8 | 380 | 8.8 | 0.66 | 11.0 | 17 | 19 | |
| 3.0 ● Fijo | 1.7 | 170 | 8.8 | 0.51 | 8.5 | 15 | 16 |
| | 2.0 | 200 | 9.1 | 0.56 | 9.3 | 13 | 15 |
| | 2.5 | 250 | 9.1 | 0.64 | 10.4 | 15 | 16 |
| | 3.0 | 300 | 9.4 | 0.73 | 12.0 | 16 | 18 |
| | 3.5 | 350 | 9.4 | 0.78 | 13.1 | 16 | 20 |
| 3.8 | 380 | 9.8 | 0.87 | 14.7 | 17 | 20 | |
| 4.0 ● Fijo | 1.7 | 170 | 9.8 | 0.60 | 11.2 | 17 | 19 |
| | 2.0 | 200 | 10.1 | 0.69 | 12.8 | 16 | 19 |
| | 2.5 | 250 | 10.1 | 0.80 | 14.8 | 19 | 20 |
| | 3.0 | 300 | 10.4 | 0.94 | 16.7 | 17 | 20 |
| | 3.5 | 350 | 10.4 | 0.95 | 18.3 | 18 | 21 |
| 3.8 | 380 | 10.7 | 1.00 | 19.7 | 18 | 20 | |
| 5.0 ● Fijo | 1.7 | 170 | 10.7 | 1.00 | 11.0 | 18 | 21 |
| | 2.0 | 200 | 11.0 | 1.06 | 11.6 | 18 | 20 |
| | 2.5 | 250 | 11.0 | 1.37 | 16.5 | 19 | 21 |
| | 3.0 | 300 | 11.3 | 1.57 | 16.4 | 18 | 21 |
| | 3.5 | 350 | 11.3 | 1.21 | 20.7 | 19 | 22 |
| 3.8 | 380 | 11.6 | 1.28 | 20.5 | 18 | 21 | |

BOQUILLAS PQJ



PQJ



Nota

Todos los valores están en un caudal en un rango de 10°C.
Para el flujo máximo de un aspersor de 180°, consulte el 2

ANEXO L: FICHA TÉCNICA DE LOS DIFUSORES HUNTER PSU-04-8A

PS ULTRA PRO-SPRAY® PPS30 PPS40

PS ULTRA

Modelos: 5 cm, 10 cm, 15 cm
Entrada: 1/2"

DIFUSORES

CARACTERÍSTICAS

- Modelos: 5, 10 y 15 cm
- Opción de boquilla regulable o en franjas preinstalada
- Tapón resistente
- Vástago de correa de dos piezas
- Vástago compatible con boquillas resacas hembra
- Disponible con tapón de descarga (filtro grande no incluido)
- Filtro extra grande
- Período de garantía: 2 años
- Válvula de retención opcional
- Muelle resistente

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Intervalo de presión recomendado: de 1,4 a 4,8 bar; de 140 a 480 kPa

OPCIONES INSTALADAS DE FÁBRICA

- Tipos de boquilla: franja lateral de 2,4 m, 3,0 m, 3,7 m, 4,6 m, 5,2 m (1,5 x 9,0 m (la trayectoria de la franja lateral solo está disponible en los modelos de 5 y 10 cm))
- Tapón de descarga (filtro grande no incluido)
- Filtro extra largo, opcional

OPCIONES INSTALADAS POR EL USUARIO

- Válvula antidrenaje: modelos de 10 y 15 cm (hasta 2 m de desnivel, P/N 4022375P)
- Filtro grande (repuesto P/N 4029005P)
- = Descripción detallada de funciones avanzadas en la página 60



PSU-02

Altura retraída: 12 cm
Altura de emergencia: 5 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"



PSU-04

Altura retraída: 16 cm
Altura de emergencia: 10 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"



PSU-06

Altura retraída: 24 cm
Altura de emergencia: 15 cm
Diámetro expuesto: 3 cm
Conexión: 1/2"

PS ULTRA - ESPECIFICACIONES: ORDEN 1 - 2

| 1 | Modelo | 2 | Boquilla | 3 | Opciones |
|---|--------|---|-----------------------------|---|---|
| | PSU-02 | | Vástago emergencia de 5 cm | | DS (Muelle) = tapón de descarga no incluye tambo de filtro |
| | PSU-04 | | Vástago emergencia de 10 cm | | 8A = Boquilla ajustable de 2,4 m |
| | PSU-06 | | Vástago emergencia de 15 cm | | 10A = Boquilla ajustable de 3,0 m |
| | | | | | 12A = Boquilla ajustable de 3,7 m |
| | | | | | 15A = Boquilla ajustable de 4,6 m |
| | | | | | 17A = Boquilla ajustable de 5,2 m |
| | | | | | 33S = Franja lateral de 1,5 m x 9,0 m (modelos 5 y 10 cm) |
| | | | | | NFO = Tabera con filtro (solo disponible para el modelo de 10 cm). Sustituye la instalación de filtro del filtro grande y repón su unidad adjuntando con el filtro de la boquilla. |

Ejemplos:

- PSU-04 - 15A = Emergencia de 10 cm, con tabera ajustable de 4,6 m
- PSU-02 - 80S = Emergencia de 5 cm, con franja lateral de 1,5 m x 9 m
- PSU-06 - 10A = Emergencia de 15 cm, con tabera ajustable de 3,0 m
- PSU-04 - 12A - NFO = Emergencia de 10 cm, con tabera ajustable de 3,7 m, tabera con filtro

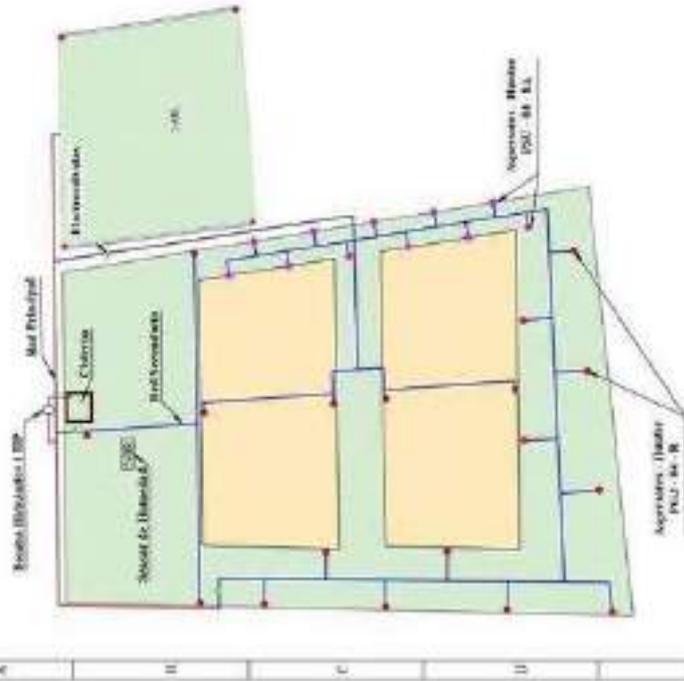
DATOS DE RENDIMIENTO DE LAS BOQUILLAS ESTÁNDAR PS ULTRA

| Sector | Presión | | 8A 1,4 m de radio Ajustable de 0° a 360° Trayectoria 01 | | | | 10A 3,0 m de radio Ajustable de 0° a 360° Trayectoria 02 | | | | 12A 3,7 m de radio Ajustable de 0° a 360° Trayectoria 03 | | | | | | |
|--------|---------|-----|--|----------------|----------------|-------------------|---|----------------|----------------|-------------------|---|----------------|----------------|-------------------|-------|----|----|
| | Bar | MPa | Radio m | Caudal m³/h | Flujo l/min | Flux, mm/h ■ ▲ | Radio m | Caudal m³/h | Flujo l/min | Flux, mm/h ■ ▲ | Radio m | Caudal m³/h | Flujo l/min | Flux, mm/h ■ ▲ | | | |
| 45° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,04 | 0,62 | 77 | 89 | 2,0 | 0,04 | 0,64 | 49 | 56 | 3,2 | 0,04 | 0,73 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,1 | 0,04 | 0,72 | 72 | 83 | 2,8 | 0,05 | 0,80 | 46 | 57 | 3,5 | 0,06 | 0,91 | 30 | 36 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,05 | 0,83 | 67 | 77 | 3,0 | 0,06 | 0,94 | 40 | 50 | 3,7 | 0,07 | 1,03 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,6 | 0,05 | 0,90 | 60 | 70 | 3,2 | 0,06 | 1,08 | 48 | 56 | 3,9 | 0,08 | 1,14 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,8 | 0,06 | 1,01 | 50 | 60 | 3,5 | 0,07 | 1,18 | 47 | 54 | 4,1 | 0,09 | 1,60 | 48 | 56 | |
| 90° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,07 | 1,24 | 77 | 89 | 2,0 | 0,08 | 1,30 | 49 | 56 | 3,2 | 0,09 | 1,40 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,2 | 0,09 | 1,44 | 72 | 83 | 2,8 | 0,10 | 1,61 | 46 | 57 | 3,4 | 0,12 | 1,60 | 30 | 36 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,10 | 1,68 | 67 | 77 | 3,0 | 0,11 | 1,89 | 40 | 50 | 3,7 | 0,13 | 2,46 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,6 | 0,11 | 1,82 | 60 | 70 | 3,2 | 0,11 | 2,10 | 48 | 56 | 3,9 | 0,17 | 2,88 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,8 | 0,12 | 2,02 | 50 | 60 | 3,5 | 0,12 | 2,37 | 47 | 54 | 4,1 | 0,20 | 3,36 | 48 | 56 | |
| 120° | 1,0 | 100 | 2,4 | 0,10 | 1,66 | 77 | 89 | 2,6 | 0,11 | 1,80 | 49 | 56 | 3,2 | 0,12 | 1,94 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,7 | 0,11 | 1,92 | 72 | 83 | 2,8 | 0,12 | 2,14 | 49 | 57 | 3,4 | 0,15 | 2,59 | 40 | 46 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,13 | 2,20 | 67 | 77 | 3,0 | 0,15 | 2,52 | 40 | 50 | 3,7 | 0,20 | 3,28 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,8 | 0,15 | 2,43 | 60 | 70 | 3,2 | 0,17 | 2,83 | 48 | 56 | 3,9 | 0,23 | 3,84 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,9 | 0,16 | 2,60 | 50 | 60 | 3,5 | 0,20 | 3,38 | 47 | 54 | 4,1 | 0,27 | 4,48 | 48 | 56 | |
| 180° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,15 | 2,40 | 77 | 89 | 2,0 | 0,16 | 2,71 | 49 | 56 | 3,2 | 0,17 | 2,90 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,2 | 0,17 | 2,87 | 72 | 83 | 2,8 | 0,18 | 3,21 | 48 | 57 | 3,4 | 0,23 | 3,86 | 40 | 46 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,20 | 3,30 | 67 | 77 | 3,0 | 0,23 | 3,70 | 40 | 50 | 3,7 | 0,30 | 4,02 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,6 | 0,22 | 3,65 | 60 | 70 | 3,2 | 0,25 | 4,20 | 48 | 56 | 3,9 | 0,35 | 5,70 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,8 | 0,24 | 4,09 | 60 | 68 | 3,5 | 0,28 | 4,71 | 47 | 54 | 4,1 | 0,40 | 6,71 | 48 | 56 | |
| 240° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,20 | 3,30 | 77 | 89 | 2,6 | 0,22 | 3,61 | 49 | 56 | 3,2 | 0,23 | 3,89 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,2 | 0,23 | 3,83 | 72 | 83 | 2,8 | 0,26 | 4,28 | 49 | 57 | 3,4 | 0,31 | 5,16 | 40 | 46 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,26 | 4,40 | 67 | 77 | 3,0 | 0,30 | 5,00 | 40 | 50 | 3,7 | 0,39 | 6,58 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,8 | 0,29 | 4,86 | 60 | 70 | 3,2 | 0,34 | 5,64 | 48 | 56 | 3,9 | 0,46 | 7,68 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,9 | 0,32 | 5,38 | 58 | 68 | 3,5 | 0,38 | 6,31 | 47 | 54 | 4,1 | 0,54 | 8,95 | 48 | 56 | |
| 270° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,22 | 3,73 | 77 | 89 | 2,6 | 0,24 | 4,06 | 49 | 56 | 3,2 | 0,26 | 4,37 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,2 | 0,26 | 4,38 | 72 | 83 | 2,8 | 0,28 | 4,82 | 49 | 57 | 3,4 | 0,35 | 5,93 | 40 | 46 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,30 | 4,95 | 67 | 77 | 3,0 | 0,34 | 5,60 | 40 | 50 | 3,7 | 0,44 | 7,28 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,6 | 0,34 | 5,47 | 60 | 70 | 3,2 | 0,38 | 6,34 | 48 | 56 | 3,9 | 0,52 | 8,66 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,9 | 0,38 | 6,05 | 58 | 68 | 3,5 | 0,43 | 7,10 | 47 | 54 | 4,1 | 0,60 | 10,07 | 48 | 56 | |
| 360° | 1,0 | 100 | 2,0 | 0,30 | 4,09 | 77 | 89 | 2,6 | 0,32 | 5,41 | 49 | 56 | 3,2 | 0,35 | 5,83 | 34 | 40 |
| | 1,5 | 150 | 2,2 | 0,34 | 5,75 | 72 | 83 | 2,8 | 0,38 | 6,40 | 49 | 57 | 3,4 | 0,48 | 7,73 | 40 | 46 |
| | 2,1 | 210 | 2,4 | 0,40 | 6,68 | 67 | 77 | 3,0 | 0,45 | 7,55 | 40 | 50 | 3,7 | 0,59 | 9,84 | 44 | 50 |
| | 2,5 | 250 | 2,6 | 0,44 | 7,29 | 60 | 70 | 3,2 | 0,51 | 8,40 | 48 | 56 | 3,9 | 0,68 | 11,32 | 46 | 54 |
| 3,0 | 300 | 2,8 | 0,48 | 8,07 | 58 | 68 | 3,5 | 0,57 | 9,47 | 47 | 54 | 4,1 | 0,81 | 12,43 | 48 | 56 | |

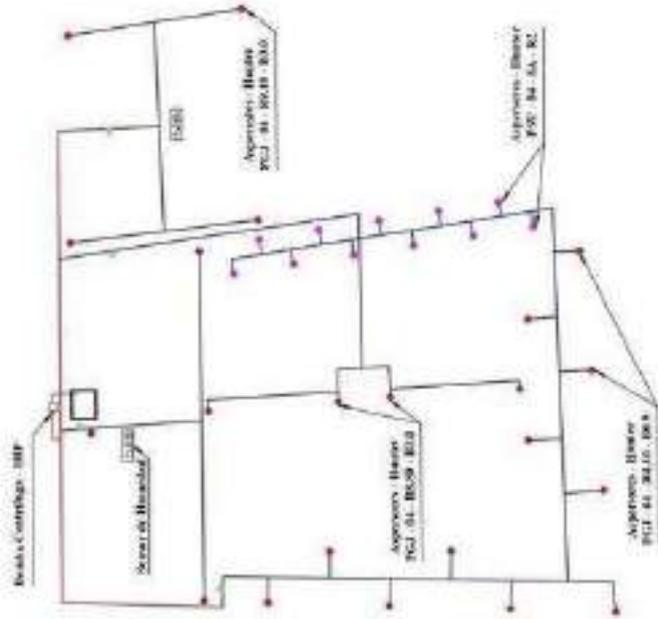
Nota: El rendimiento óptimo de las boquillas está indicado en negrita.

DIFUSORES

Distribución general de tuberías para el sistema de riego en cada área específica



Red del sistema de riego sin delimitación por áreas



Notas Generales

1. Todas las tuberías están en ductos, a menos que se indique lo contrario.
2. La distribución de aperturas y el tamaño depende del tipo y uso de las tuberías y del tipo de tuberías.

| Símbolo | Denominación | Descripción |
|---------|--------------------|--|
| ⊙ | Bomba Jet Berms | HP (750W), 1" succión y descarga, Motorizada, 1450 rpm |
| — | Tubería principal | Ø 2-4 in, espesor 3.01 mm, presión de trabajo 2.14 MPa |
| — | Tubería secundaria | Ø 1/2 in, espesor 3.71 mm, presión de trabajo 2.80 MPa |
| ⊙ | Sensor de Humedad | Sensor WATERMATIC, Modelo 20055, Ø - 239 x 46 (12x4) |
| ⊙ | Electroarmarios | IP65 (2 FT), Válvula solenoidal tipo piloto, 1/2 NPT |

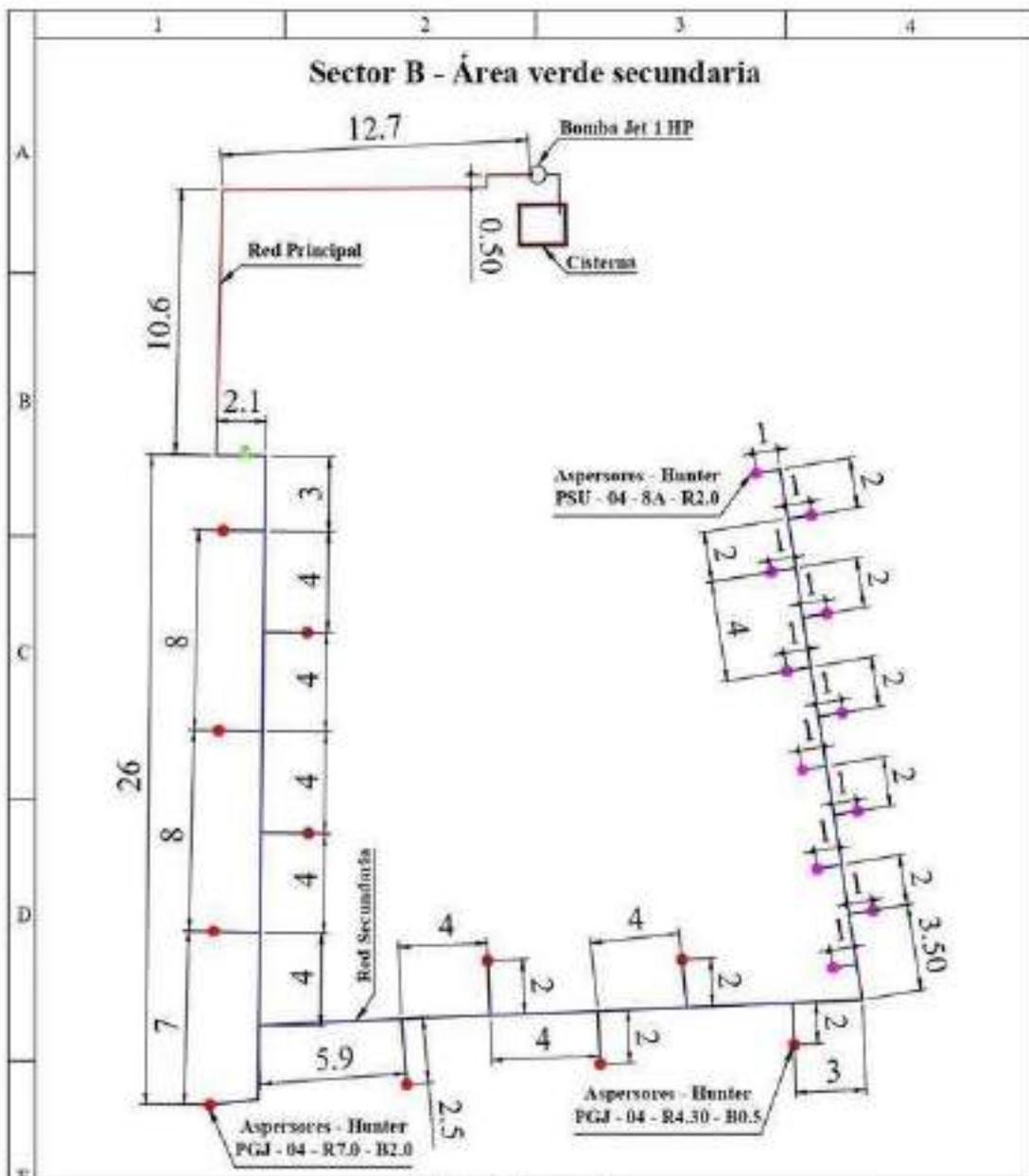
| Nombre del Proyecto | | Ubicación | |
|---------------------|--|---|--|
| Sistema de Riego | | Calle 100 No. 100, San José, Costa Rica | |
| Fecha | | 10/11/24 | |
| Diseñado por | | J. J. J. J. | |
| Revisado por | | J. J. J. J. | |
| Aprobado por | | J. J. J. J. | |
| Escala | | 1:100 | |
| Materiales | | PVC | |
| Tipo de Proyecto | | Sistema de riego | |

ESPOCH
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA
 (Pura de la Ingeniería) - Fomento al Desarrollo

10 Kg 1.100

Departamento de Ingeniería

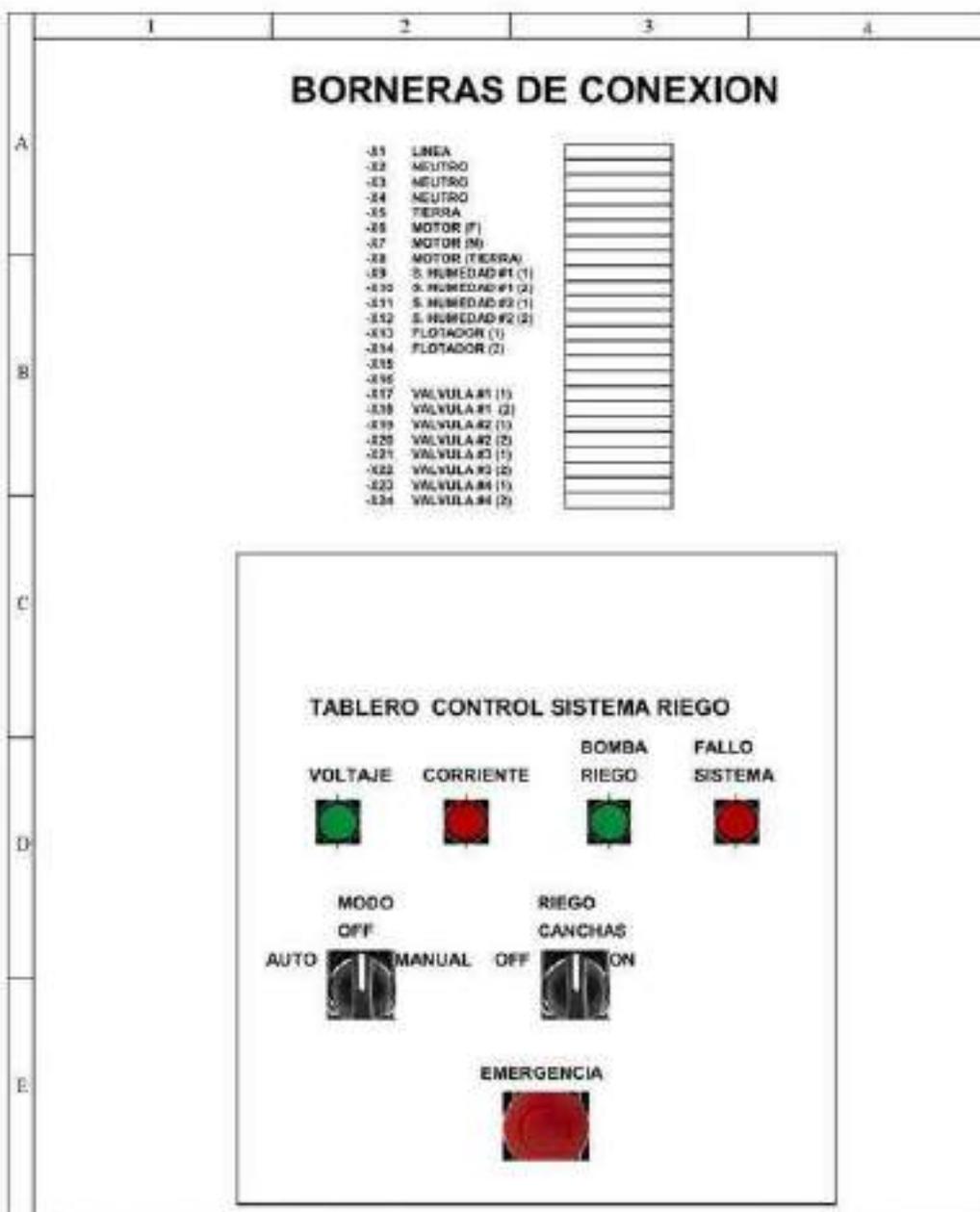
San José, Costa Rica



Notas Generales

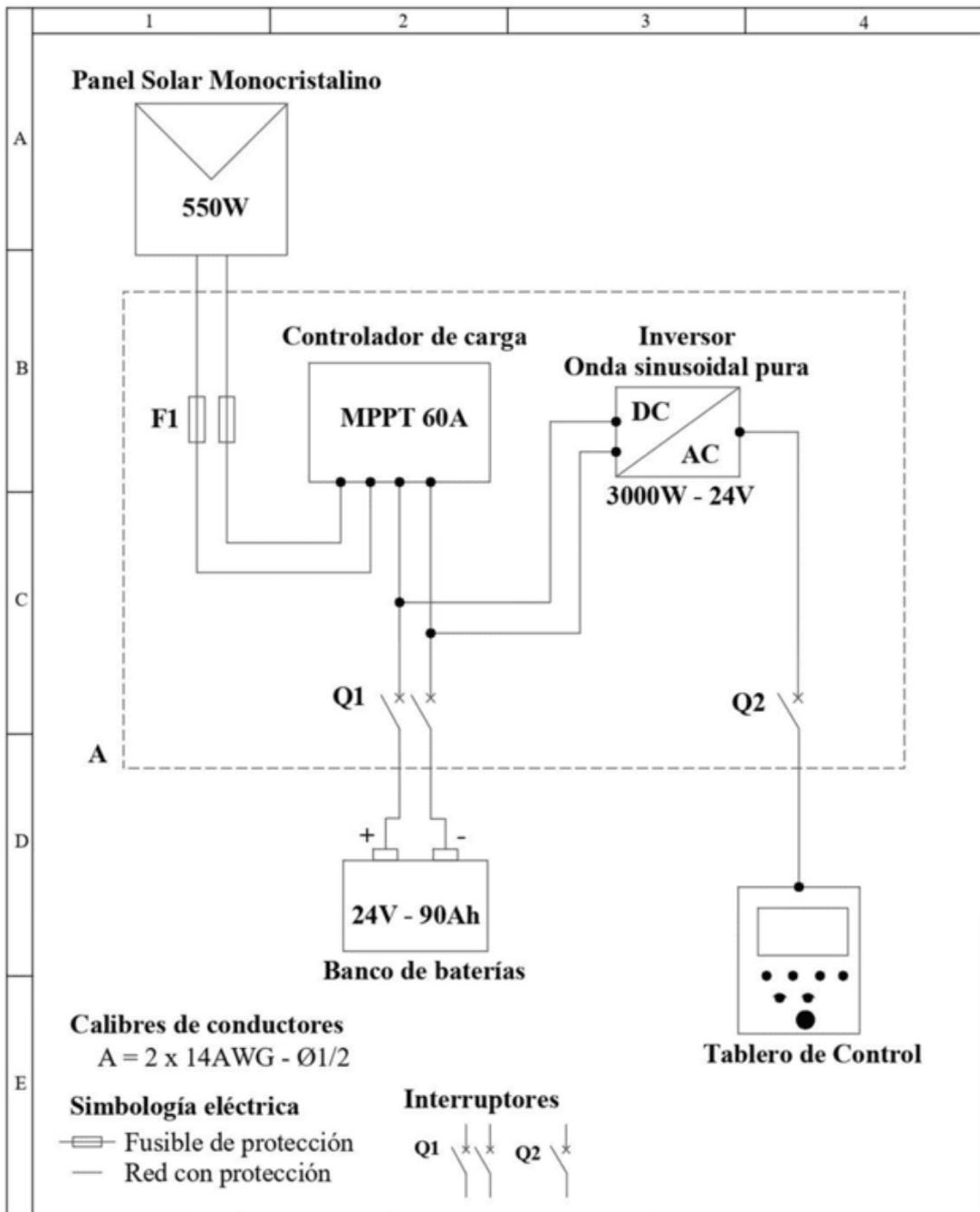
1. Todas las unidades están en metros, a menos que se indique lo contrario.
2. La distribución de aspersores se realizó siguiendo el principio de solapamiento entre aspersores e indicaciones brindadas por el proveedor de los aspersores y difusores (HUNTER).

| | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------|--|--|-------------------------------------|--|
| N° Lámina 03 | N° de Hoja 2 de 2 | Sustitución: | Codificación: FM-EM-IC-7769-2024 | ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE MECÁNICA | | |
| Email: proyectoracion@esPOCH.edu.ec / desarrollo@esPOCH.edu.ec | | | Denominación: Plano específico cada sector del sistema de riego | | Peso (Kg) Toleranc. Escala Registro | |
| Teléfono: 0079911849 / 0215101295 | | | Materiales: PVC | | 0.0 Kg ± 1mm 1:100 | |
| Datos | Nombres | Firma | | | Fecha | Derechos de Autor: <small>RESERVADOS EL DISEÑO, DISEÑO Y REGISTRO DE CAPAS 1 A 40000 / 110498100 Y 110498101 AL BOLSÓN, A SUVEA, SOLO PARA USO EDUCATIVO Y DE LOS SERVIDORES DE ASESORIA PARA LA LEY</small> |
| Proyecto | Carvacho J. Chimbo J. | | | | 01/07/24 | |
| Dibujó | Carvacho J. Chimbo J. | | | | 07/10/24 | |
| Revisó | Ing. Moctazo G. | | | | 10/11/24 | |
| Aprobó | Ing. Chuquin N. | | 10/11/24 | Nombre del Archivo: | | |



| | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------|-------------------------------------|---|------------|--------|
| N° Lamina 02 | N° de Hoja 1 de 1 | Sustitución: | Codificación: FM-EM-3C-7769-2024 | ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE MECÁNICA | | |
| Email: jesus.moreno@esPOCH.edu.ec / jesus.moreno@esPOCH.edu.ec | | | | Denominación: | | |
| Teléfono: 0970912040 / 0965821736 | | | | Plano del gabinete y borneras del panel de control para el sistema de riego | | |
| Datos | Nombres | Firma | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala |
| Proyectó | Carrasco J. Claudio J. | | 01/07/24 | 6,0 Kg | ± 1mm | 1:100 |
| Dibujó | Carrasco J. Claudio J. | | 07/10/24 | | | |
| Revisó | Ing. Moreno G. | | 10/11/24 | | | |
| Aprobó | Ing. Cisquín N. | | 10/11/24 | | | |
| Materiales: | | | | Derechos de Autor: | | |
| Nombre del Autor: | | | |  | | |

ANEXO O: PLANO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



| | | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------|---|---|--|--|--|
| Nº Lamina 01 | Nº de Hoja 1 de 1 | Sustitución: | Codificación: FM-EM-IC-7769-2024 | ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE MECÁNICA | | | |
| Email: juanos.carvache@esPOCH.edu.ec / jhoay.chimbo@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0979913849 / 0985893296 | | | Denominación: Plano del sistema fotovoltaico con la conexión al panel de control | | | | |
| Datos | Nombres | Firma | Fecha | | | | |
| Proyectó | Carvache J. Chimbo J. | | 01/07/24 | | | | |
| Dibujó | Carvache J. Chimbo J. | | 07/10/24 | | | | |
| Revisó | Ing. Moreano G. | | 10/11/24 | | | | |
| Aprobó | Ing. Chuquin N. | | 10/11/24 | | | | |
| Materiales: | | | | Derechos de Autor: | | | |
| Nombre del Archivo: | | | | ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL Y EXCLUSIVA DE CARVACHE J. & CHIMBO J. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN SEA SEA TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR, PENADA POR LA LEY. | | | |



ANEXO P: IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE HIDRÁULICO







ANEXO Q: IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL





ANEXO R: IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO



ANEXO S: FACTURAS

PEDRO MIGUEL CEVALLOS VILLACRES
 RUC: 0600933105001
 Teléfono: 032317040 -- 0986795129 --
 E-mail: sufortaleza_disensa@hotmail.com
 Dirección: panamericana sur y feliciano checa

Obligado a Llevar Contabilidad: SI
 Agente de Retención: Resolución No. 00000001

PUNTO DE VENTA 1
 Teléfono: 032317040
 E-mail: sufortaleza_disensa@hotmail.com
 Dirección: panamericana sur 2 y feliciano checa

Ident: 0901754870
 Cliente: AGUILAR MORA MIRTHA LORENA
 Dirección: ESMERALDAS

Factura No. 001-100-000024917

Ambiente: PRODUCCION Tipo Emisión: NORMAL
 Clave de Acceso: 240920240106000511060012001100000004317121467819
 Emisión: 25/09/2024 10:42:16
 Tipo Venta: CONTADO

E-mail: mllore322@hotmail.es
 Teléfono: 0993268091

| Código | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio U. | Desc (%) | Desc (\$) | Subtotal |
|-----------------------|-------------------|----------|--------|-----------|----------|-----------|----------|
| 00002634 | CODO WH 1/2" x 30 | 11,00 | UNIDAD | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 4,73 |
| Subtotal 0% | | | | | | | 0,00 |
| Subtotal 5% | | | | | | | 0,00 |
| Subtotal 15% | | | | | | | 4,73 |
| Subtotal Neto 1 | | | | | | | 4,73 |
| Descuento Adicional 1 | | | | | | | 0,00 |
| Total Descuento 1 | | | | | | | 0,00 |
| ICE 1 | | | | | | | 0,00 |
| IVA 0% | | | | | | | 0,00 |
| IVA 5% | | | | | | | 0,72 |
| IVA 15% | | | | | | | 0,72 |
| Total IVA 1 | | | | | | | 1,44 |
| VALOR TOTAL 1 | | | | | | | 6,17 |

FORMA DE PAGO: EPEI E.E.O

DESCARGUE SU COMPROBANTE ELECTRONICO EN EIM-PC

CANCELADO 2 5 SEP 2024

ENTREGADO 2 5 SEP 2024

MONGE GARCÉS MANUEL AURELIO
Ferretería Aguita Santa
 Av. 11 de Noviembre y Av. Pedro Vicente Mallonado (Esq.) PUC 0603038241001
 ferneseaguilasanta@gmail.com
 Telfs.: 2318502 - 2916-500
 Cel.: 0994311534 / 9102ANBA

Nº 000003716

NOTA DE ENTREGA

Riobamba, 25 de Septiembre del 2024
 Cliente: Mirtha Aguilas Macarucci CDDP 921870
 Dir.: Esmeraldas Telf.: _____

Factura N° _____

| Cant. | DESCRIPCION | V. Unit. | V. TOTAL |
|--|-------------|----------|-----------------------|
| 17 | Codos 1/2 | 0,65 | 11,05 |
| * Facturas | | | |
| CEMENTO CHIMBORAZO DISTRIBUIDOR AUTORIZADO | | | |
| SON: | | | TOTAL \$ <u>11,05</u> |

IMAGINAR Imprenta 2947051 Riobamba

MONGE GARCÉS MANUEL AURELIO
 RUC: 100001024901
 FACT N°: 001-100-000024917
 NUMERO DE AUTORIZACION: 240920240106000511060012001100000004317121467819
 FECHA AUTORIZACION: 25/09/2024 10:42:16
 AMBIENTE: PRODUCCION
 EMISION: NORMAL
 CLAVE DE ACCESO: 240920240106000511060012001100000004317121467819
 MONGE GARCÉS MANUEL AURELIO

Dirección Matriz: Av. 11 de Noviembre y Av. Pedro Vicente Mallonado
 Teléfono 1: 03 2318502 Teléfono 2: 0994311534

Correo: ferre55aguilasanta@gmail.com
 Obligado a Llevar Contabilidad: SI
 Agente de Retención No Resolución 1

Nombre: AGUILAR MORA MIRTHA LORENA
 Dirección: SIMON DE LA PLATA y MANABI
 RUC: 0801754870
 Fecha: 24/09/2024

Fecha Creación: 24/09/2024 16:26:26

| CANT | DETA | COD | V UNIT | VTOT |
|--------------------|------|----------|--------|-----------------|
| 50,00 | 0546 | 0,200000 | 9,9999 | |
| 1,00 | 1786 | 0,869565 | 0,8699 | |
| FORMA PAGO | | | | SUB T |
| IN UTILIZACION DEL | | | | DESC |
| STEMA | | | | Subtotal Neto |
| NANCIERO | | | | Subtotal 0% |
| 1,99 | | | | Subtotal 5% |
| | | | | Subtotal 15 % |
| FORMACION | | | | Subt No Obj IVA |
| CIONAL | | | | Subt. Exnt IVA |
| cededor: Vendedor | | | | ICE |
| cedor: ESMERALDAS | | | | IVA 5% |
| servación: Venta | | | | IVA 15 % |
| | | | | Propina |
| | | | | V. TOTAL |

RECIBI CONFORME
SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES



SILVA CONDE ANGEL ALBERTO
 Dirección Matriz: DIEGO DE IBARRA Y FEBRES
 CORDERO
 Teléfono 1: 0992962640 Teléfono 2: 0984861630 Celular:
 032963928
 Correo: dinelec-contabilidad@hotmail.com

Obligado a Llevar Contabilidad: NO

RUC.: 0603969387001
 FACTURA N. 001-140-000003231

FECHA AUTORIZACION :

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISION: NORMAL

NUMERO DE AUTORIZACION:

1409202401060396938700120011000000032311234567811

CLAVE DE ACCESO:



1409202401060396938700120011000000032311234567811

Nombre: CHIMBO LLUMTAXI JHONY EDISON

Dirección: RIDDAMBA

RUC: 020006103

Fecha Emisión: 14/09/2024

Vence: 14/09/2024

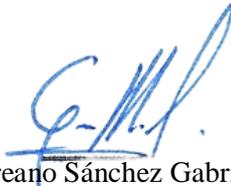
Teléfono: -

| Código | Descripción | Med. | Cantidad | Precio Unitario | Desc. | Total |
|--------|--|--------|----------|-----------------|-------|----------|
| 100407 | LOGO 8 12/24RC 1524VDC 40I-4AI-40UT RELE | Unidad | 1,00 | 186,250000 | 0,00 | 186,25 * |
| 101070 | GABINETE METALICO LIVIANO 60X60X20CM IP41 BEIGE | Unidad | 1,00 | 50,696643 | 0,00 | 50,67 * |
| 100396 | MODULO DE EXPANSION LOGO DMS 12/24R | Unidad | 1,00 | 95,250000 | 0,00 | 95,25 * |
| 100140 | LUZ PILOTO VOLTIMETRO 50-500VAC VERDE 22MM | Unidad | 1,00 | 3,346214 | 0,00 | 3,35 * |
| 100146 | LUZ PILOTO AMPERIMETRO 0-100A ROJA 22MM | Unidad | 1,00 | 5,803571 | 0,00 | 5,80 * |
| 101056 | CANAleta RANURADA GRIS D0X10042 25X40MM | Unidad | 1,00 | 7,946420 | 0,00 | 7,95 * |
| 102762 | FUENTE DE PODER REG 100-240VAC 24VDC 3,1A DRL-24V75W1AZ | Unidad | 1,00 | 33,696052 | 0,00 | 33,70 * |
| 102834 | SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO WATERMARK 200SS 0-200ohm CABLE 1.5MYS | Unidad | 2,00 | 117,391304 | 0,00 | 234,78 * |
| 102833 | ELECTROVALVULA PARA RIEGO PLASTICA 1/2" 24VAC | Unidad | 4,00 | 33,043478 | 0,00 | 132,17 * |
| 102835 | TRANSFORMADOR DE VOLTAJE 110V - 24V 63VA LEIP | Unidad | 1,00 | 34,782008 | 0,00 | 34,78 * |
| 100494 | CONTACTOR 5 0 HP / 18A 1ND - 1NC BOBINA: 110VAC CHNT | Unidad | 1,00 | 12,596214 | 0,00 | 12,80 * |
| 101464 | RELE TERMICO MODULAR 0 - 13 A CHNT | Unidad | 1,00 | 13,302857 | 0,00 | 13,30 * |
| 100160 | SELECTOR 22MM 2POS PLAST 1NA | Unidad | 1,00 | 1,606690 | 0,00 | 1,61 * |
| 100156 | PULSADOR 22MM PLAST HONDO 40MM GIRO C/RETENCION ROJO 1NC | Unidad | 1,00 | 2,173913 | 0,00 | 2,17 * |
| 100171 | PLACA AMARILLA PARO DE EMERGENCIA 22MM 90MM | Unidad | 1,00 | 0,946420 | 0,00 | 0,95 * |
| 100121 | LUZ PILOTO 22MM LED VERDE 110V AC/DC | Unidad | 1,00 | 1,347826 | 0,00 | 1,35 * |
| 100118 | LUZ PILOTO 22MM LED ROJA 110 VAC/VDC | Unidad | 1,00 | 1,217391 | 0,00 | 1,22 * |
| 100229 | BORNERA RIEL 4MM #10AWG LEIPWK | Unidad | 6,00 | 0,419643 | 0,00 | 2,52 * |
| 100228 | BORNERA RIEL 2.5 MM #12AWG LEIPWK | Unidad | 16,00 | 0,321420 | 0,00 | 5,14 * |
| 101620 | BORNERA RIEL TIERRA 4MM VERDE-AMARILLO 24-10AWG LEIPWK | Unidad | 2,00 | 1,118071 | 0,00 | 2,23 * |
| 100258 | TAPA PARA BORNERA 4MM LEIPWK | Unidad | 3,00 | 0,196420 | 0,00 | 0,59 * |
| 101460 | TAPA PARA BORNERA 2.5mm LEIPWK | Unidad | 6,00 | 0,178571 | 0,00 | 1,43 * |
| 101480 | TOPE DE BORNERA LEIPWK | Unidad | 10,00 | 0,223214 | 0,00 | 2,23 * |
| 100310 | SUPERVISOR DE VOLTAJE 1F 65-260VAC/DC GRV8-02 A0240 GEVA | Unidad | 1,00 | 22,767857 | 0,00 | 22,77 * |
| 100246 | TAPON PARA ORIFICIO PG13.5 D=21MM | Unidad | 2,00 | 0,312500 | 0,00 | 0,62 * |
| 101373 | RIEL DIN 35MM 1METRO ACERO PERFORADO | Unidad | 2,00 | 1,747826 | 0,00 | 3,50 * |
| 100220 | BASE PARA RELAY 8 PINES PLANOS SA PEQUEÑOS MY2 | Unidad | 4,00 | 1,526067 | 0,00 | 6,10 * |
| 100184 | RELAY 8 PINES PLANOS 2P SERIE MY2 110VAC | Unidad | 4,00 | 2,695652 | 0,00 | 10,78 * |
| 100431 | BASE PARA FUSIBLE 15X38MM 1 POLO 32A | Unidad | 1,00 | 2,133029 | 0,00 | 2,13 * |
| 100414 | FUSIBLE CILINDRICO 10X38MM 1A | Unidad | 1,00 | 0,406690 | 0,00 | 0,41 * |
| 102640 | BREAKER RIEL EBS 1P 2A 6KA | Unidad | 1,00 | 2,086956 | 0,00 | 2,09 * |
| 102619 | BREAKER RIEL EBS 1P 16A 6KA | Unidad | 1,00 | 2,723214 | 0,00 | 2,72 * |
| 100181 | SELECTOR 22MM 3POS PLAST 2NA | Unidad | 1,00 | 2,606690 | 0,00 | 2,61 * |
| 100979 | CABLE FLEXIBLE #18AWG | METRO | 5,00 | 0,178571 | 0,00 | 0,89 * |
| 101022 | CABLE FLEXIBLE #22AWG | METRO | 20,00 | 0,107143 | 0,00 | 2,14 * |
| 50010 | MATERIAL ELECTRICO Y ACCESORIOS | Unidad | 1,00 | 52,173913 | 0,00 | 52,17 * |



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 12/ 02 / 2025

| INFORMACIÓN DEL AUTORES |
|--|
| Nombres – Apellidos: Junior Eduardo Carvache Aguilar Jhony Edison Chimbo Llumitaxi |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: Mecánica |
| Carrera: Mecánica |
| Título a optar: Ingeniero Mecánico |
|  Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco Firma del Director del Trabajo de Titulación |
|  Ing. Moreano Sánchez Gabriel Vinicio Firma del Asesor del Trabajo de Titulación |