



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN
SISTEMA HIDRAULICO PARA LA PRODUCCION DE TRUCHAS
PARA LA QUINTA EL PEDREGAL EN EL CANTON SALCEDO,
CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ALTERNATIVA,
MEDIANTE UN CONTROL DISTRIBUIDO”

AUTORES: GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO
JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ

DIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS A.
CODIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ P.

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo titulación, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA PRODUCCION DE TRUCHAS PARA LA QUINTA EL PEDREGAL EN EL CANTÓN SALCEDO, CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ALTERNATIVA, MEDIANTE UN CONTROL DISTRIBUIDO”, realizado por los señores **GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO** y **JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ** ha revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO** y **JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de Julio del 2015.

Ing. Félix J. Manjarrés A.

C.C.: 0501987416

DIRECTOR

Ing. Wilson Trávez P.

C.C.: 0502303662

CODIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO**, con cédula de identidad N° 1803487089 y **JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ**, con cédula de identidad N° 1804140802, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA PRODUCCION DE TRUCHAS PARA LA QUINTA EL PEDREGAL EN EL CANTÓN SALCEDO, CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ALTERNATIVA, MEDIANTE UN CONTROL DISTRIBUIDO**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de tercero considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 16 de Julio del 2015.

Gabriel Alejandro Cortés Naranjo

C.C.: 1803487089

José Andrés Fiallos Núñez

C.C.: 1804140802



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO** y **JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA PRODUCCION DE TRUCHAS PARA LA QUINTA EL PEDREGAL EN EL CANTÓN SALCEDO, CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ALTERNATIVA, MEDIANTE UN CONTROL DISTRIBUIDO**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 16 de Julio del 2015.

Gabriel Alejandro Cortés Naranjo
C.C.: 1803487089

José Andrés Fiallos Núñez
C.C.: 1804140802

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por darme la vida, sabiduría y cuidarme en cada paso que doy. A mis padres, que con su cariño y amor me supieron guiar en la vida para poder cumplir con los objetivos en la vida de estudiante. A mis hermanos que con sus consejos me supieron dar la fuerza para poder seguir adelante. A mis tíos, primos y más familiares que se han preocupado por mi bienestar. A mis maestros que me supieron guiar y enseñar en esta carrera depositando su confianza en mí. A todos ellos les dedico y agradezco desde el fondo de mi corazón.

Gabriel

Dedico este proyecto de grado a mis padres que supieron guiarme por el camino de la vida, mi hermana por su confianza depositada en mí y a toda mi familia que con su ayuda encaminaron en el rumbo correcto.

Andrés

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la sabiduría, capacidad y dedicación. A nuestros padres, que han dado todo el esfuerzo para que ahora podamos culminar una etapa de nuestras vidas, a hermanos y familiares que fueron el apoyo incondicional a cada momento, a nuestros amigos y compañeros con quienes compartimos grandes momentos dentro y fuera de vida universitaria. A nuestros tutores de tesis el Ing. Félix Manjarrés y el Ing. Wilson Trávez que con su apoyo y confianza nos supieron guiar en la realización de este proyecto.

Gabriel y Andrés

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
 CAPÍTULO I.....	 1
1. FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Definición del problema	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos.....	2
1.4 Alcance	2
1.5 Estado de la ciencia.....	3
1.5.1 Introducción a la energía renovable	3

1.5.2	Energía eólica	4
1.5.3	Energía solar	5
1.5.4	Energía inercial	7
1.6	Mecánica del bombeo.....	8
1.6.1	Lineamientos principales.....	8
1.6.2	Elevación por succión	9
1.6.3	Pérdidas en un sistema de bombeo	11
1.7	Clasificación de elevadores de agua y bombas	13
1.8	Sistema SCADA y HMI	14
1.8.1	SCADA.....	14
1.8.2	HMI.....	15
1.9	Introducción a la ingeniería concurrente	15
1.10	Desarrollo de función de calidad.....	16
1.10.1	Las Cuatro Fases.....	16
1.10.2	La casa de calidad	17
1.10.3	Módulo e interfaces	22
1.11	Software del sistema hídrico	24
1.11.1	Software CAD	24
1.11.2	SIMATIC.....	24
CAPÍTULO II.....		26
2.	DISEÑO Y SELECCIÓN	26
2.1	Criterios técnicos	26
2.2	Parámetros de diseño.....	27
2.2.1	Casa de la calidad de implementación energética	27

2.3	Características generales del sistema	28
2.3.1	Análisis y características de energía eólica.....	28
2.3.2	Análisis y características de energía solar	34
2.4	Casa de la calidad para la implementación del sistema solar.....	43
2.5	Especificaciones técnicas	44
2.6	Análisis funcional	46
2.6.1	Desarrollo de los diagramas funcionales.....	46
2.6.2	Análisis de los diagramas funcionales.....	48
2.7	Definición y generación de módulos	48
2.8	Generación de soluciones para cada módulo.....	49
2.8.1	Módulo 1	49
2.8.2	Módulo 2	51
2.9	Selección de la mejor alternativa	53
2.9.1	Evaluación del módulo 1	53
2.9.2	Evaluación del módulo 2	54
2.10	Diseño mecánico	54
2.10.1	Materiales principales y sus características	55
2.10.2	Propiedades del material.....	55
2.11	Selección y justificación de materiales	55
CAPÍTULO III.....		64
3.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	64
3.1	Construcción mecánica.....	64
3.1.1	Soporte estructural.....	64
3.1.2	Implementación y ensamblaje mecánico.....	72

3.2	Construcción de jaula para protección de bomba.....	75
3.2.1	Implementación e inmersión de la bomba.....	77
3.3	Ensamblaje y conexiones de componentes electrónicos.....	80
3.3.1	Conexiones de potencia y eléctrica.....	82
3.4	Desarrollo del sistema de monitoreo	86
3.4.1	Desarrollo de la interfaz HMI para monitoreo.....	86
3.4.2	Desarrollo de la programación para el PLC S7-1200.....	90

CAPÍTULO IV 93

4. PRUEBAS Y RESULTADOS..... 93

4.1	Pruebas experimentales del funcionamiento del sistema.	93
4.1.1	Pruebas de celdas fotovoltaicas.....	93
4.1.2	Análisis del controlador de La bomba	94
4.1.3	Pruebas de la bomba	94
4.1.4	Pruebas de caudales.....	95
4.2	Pruebas generales de monitoreo.....	96
4.3	Alcances y limitaciones.....	99
4.3.1	Alcances.....	99
4.3.2	Limitaciones	100
4.4	Hipótesis planteada	101
4.5	Validación de la hipótesis	101
4.6	Análisis económico	101

CAPÍTULO V 107

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 107

5.1	Conclusiones	107
5.2	Recomendaciones	108
	BIBLIOGRAFÍA	109
	LINKOGRAFÍA.....	111
	ANEXOS.....	113
	ANEXO A: Apéndices	
	ANEXO B: Planos mecánicos	
	ANEXO C: Plano eléctrico	
	ANEXO D: Artículo científico	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas e inconvenientes de la energía eólica	5
Tabla 2	Ventajas e inconvenientes de la energía solar.....	6
Tabla 3	Posicionamiento de la estación meteorológica.	29
Tabla 4	Cálculos estadísticos de la velocidad de viento.	29
Tabla 5	Frecuencias y porcentajes de la velocidad de viento.....	31
Tabla 6	Valores promedios obtenidos en el equipo meteorológico DAVIDS. .	33
Tabla 7	Promedio de consumo energético.	37
Tabla 8	Especificaciones técnicas de la máquina.....	45
Tabla 9	Alternativas módulo 1.....	50
Tabla 10	Alternativas módulo 2.....	52
Tabla 11	Equivalencias voltaje - caudal.....	95
Tabla 12	Detalle de costos de los materiales y elementos.	102
Tabla 13	Resumen de gastos varios.....	104
Tabla 14	Detalle de maquinado	104
Tabla 15	Costo directo del proyecto.	105
Tabla 16	Descripción del costo final del proyecto.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Instalación típica de una bomba.	10
Figura 2	Construcción forma óptima de un canal de pendiente.	12
Figura 3	Bomba rotatoria de una sola etapa.	13
Figura 4	SCADA de recirculación de agua.	15
Figura 5	Esquema general del QFD.	18
Figura 6	Casa de la calidad aplicada al caso de definición de las características de un fogón de camping.	21
Figura 7	Ejemplo simbología módulos funcionales.	24
Figura 8	Casa de Calidad de recursos energéticos.	27
Figura 9	Datos de velocidad del viento en el periodo evaluado.	30
Figura 10	Combinaciones del sistema solar.	35
Figura 11	Radiación solar global promedio del Ecuador para generación de electricidad.	38
Figura 12	Histograma de frecuencias para radiación solar en Ecuador.	39
Figura 14	Casa de la calidad del sistema hídrico de energía alternativa.	44
Figura 13	Mecanismo inercial péndulo - barra. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 15	Diagrama funcionales de bombeo para recirculación.	47
Figura 16	Módulos para el análisis funcional del bombeo	49
Figura 17	Diferentes tipos de aireadores de cascada.	56
Figura 18	Sistema de recirculación de agua.	56
Figura 19	Bomba de corriente continua.	61
Figura 20	Panel fotovoltaico.	62
Figura 21	Batería UCG.	62
Figura 22	Controlador de voltaje.	63
Figura 23	Elementos principales del soporte estructural.	65
Figura 24	Base terminada de la estructura.	66
Figura 25	Base de paneles fotovoltaicos.	66
Figura 26	Base de paneles fotovoltaicos terminada.	67
Figura 27	Ubicación del sistema de potencia.	68

Figura 28 Conexiones del sistema de potencia.	68
Figura 29 Instalación del sistema de control.	69
Figura 30 Distribución de pines del controlador PS 200.	70
Figura 31 Interruptores de circuito modo directo y modo acumulación.	71
Figura 32 Implementación del sistema de monitoreo.	71
Figura 33 Soporte para colocación de cajas de control, potencia y monitoreo.	72
Figura 34 Sujeción de paneles fotovoltaicos.	72
Figura 35 Conexión en serie de paneles fotovoltaicos.	73
Figura 36 Colocación de cajas de control, potencia y monitoreo.	73
Figura 37 Realización del agujero y colocación del soporte estructural principal.	74
Figura 38 Colocación de cemento en el agujero realizado.	74
Figura 39 Aseguramiento final del soporte estructural.	74
Figura 40 Boceto de la jaula de protección de la bomba sumergible.	75
Figura 41 Construcción estructural de la jaula para la bomba.	76
Figura 42 Estructura de la jaula terminada para la bomba.	76
Figura 43 Brazo de sujeción para forma vertical.	77
Figura 44 Montaje de juntas del sistema de bombeo.	78
Figura 45 Aseguramiento del conector de manguera en la bomba.	78
Figura 46 Sujeción de la bomba en la jaula.	79
Figura 47 Conexión e impermeabilización de los cables de poder de la bomba.	79
Figura 48 Componentes principales del sensor de boya.	80
Figura 49 Puertos de conexiones para sensores.	81
Figura 50 Luces indicadoras del estado de los sensores.	81
Figura 51 Conexiones al controlador de voltaje.	82
Figura 52 Puertos de voltaje principal.	83
Figura 53 Conexiones realizadas en el controlador.	83
Figura 54 Conexiones de línea de la bomba.	84
Figura 55 Conexiones terminadas realizadas en el controlador.	84
Figura 56 Distribución final de controladores.	85

Figura 57 Funcionamiento del proyecto.....	85
Figura 58 Pantalla principal del HMI.	87
Figura 59 Ventana emergente de monitoreo del proceso.	87
Figura 60 Ventana principal de componentes.....	88
Figura 61 Ventana de información de sensor 1.	88
Figura 62 Ventana de información de sensor 2.	89
Figura 63 Ventana de información de la bomba PS200HR.	89
Figura 64 Información general de los integrantes del proyecto.	90
Figura 65 Inicialización para programación LEADER.	91
Figura 66 Programación LEADER.	92
Figura 67 Programación LEADER.	92
Figura 68 Conexión de celdas fotovoltaicas.	93
Figura 69 Pantalla principal del sistema de monitoreo.....	96
Figura 70 Sistema en paro de emergencia.	97
Figura 71 Sistema en funcionamiento.....	97
Figura 72 Acción de tanque lleno.....	98
Figura 73 Funcionamiento del sensor superior.	98
Figura 74 Funcionamiento del sensor inferior.	99
Figura 75 Funcionamiento de la bomba.....	99

RESUMEN

En el sector de Yanayacu del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi se incursiona en la crianza de truchas, por lo que se requiere avances tecnológicos que le permitan generar una producción rentable y eficiente. Con este objetivo se desarrolla el proyecto de: “diseño, construcción y automatización de un sistema hidráulico para la producción de truchas para la Quinta el Pedregal ubicada en el mencionado sector, con aprovechamiento de energía alternativa, mediante un control distribuido”, el cual permite el bombeo automatizado para recircular agua para las piscinas, de esta manera generando una buena oxigenación por medio de golpe de cascada en el agua, para su alimentación energética se incursionó en la generación de energía alternativa, por medio de una investigación previa en la zona. En el capítulo 1 se realiza un diagnóstico del análisis y planteamiento del proyecto, además de los tipos de energías existentes para incorporar en la zona geográfica de Salcedo, al igual de los diferentes métodos de bombeo idóneos para la piscicultura. En el capítulo 2 se detalla paso a paso el proceso de investigación que permitió la selección del tipo de energía conveniente; mediante un estudio realizado por 8 meses; así como el diseño y la selección de elementos a utilizarse en el sistema tanto energético como de bombeo. En el capítulo 3 se plantea el proceso de diseño e implementación de los diferentes componentes que integran el sistema. En el capítulo 4 se presenta las pruebas y resultados de bombeo, energización y recirculación que se obtuvieron cuando se finalizó el proyecto; a la vez un estudio financiero en cuanto a gastos, costos, tiempo y recuperación de capital. Finalizando con las conclusiones a problemas encontrados en su funcionamiento, de igual forma recomendaciones para su mejor desempeño.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA MECATRÓNICA**
- **AUTOMATIZACIÓN – INDUSTRIA ACUÍCOLA**
- **ENERGÍAS RENOVABLES**

ABSTRACT

In the area of Yanayacu, Salcedo city, Cotopaxi province ventures into raising trout, so technological advances that allow you to generate a profitable and efficient production is required. "Design, construction and automation of a hydraulic system for the production of trout for the Quinta El Pedregal located in that sector, alternative energy use, by a distributed control", which allows: To this end the project is developed automated to recirculate water for pools, thus generating a good oxygenation through coup waterfall in the water, for energy supply was dabbled in alternative energy generation, through previous research in the area pumping. In Chapter 1, a diagnostic analysis and project approach is performed in addition to the types of energy to incorporate in the geographical area of Salcedo, just different methods of pumping suitable for fish farming. In chapter 2 step by step by the research process that allowed the selection of the appropriate type of energy; by a study for 8 months; and the design and selection of elements to be used in both energy and pumping system. In chapter 3 the design process and implementation of the different components in the system arises. In chapter 4 the tests and results of pumping, energizing and circulation that were obtained are presented when the project is completed; both a financial study regarding expenses, costs, recovery time and capital. Ending with the conclusions found in performance problems, just as recommendations for best performance.

KEYWORDS:

- **MECHATRONICS ENGINEERING**
- **AUTOMATION - AQUACULTURE INDUSTRY**
- **RENEWABLE ENERGY**

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 Generalidades

La Quinta El Pedregal mediante compromiso con la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” Extensión Latacunga colabora en el desarrollo científico y tecnológico acorde con la energía renovable, con el fin de aportar con una nueva solución al campo de la acuicultura; generando sistemas de bajo consumo energético para una futura inversión en el campo industrial.

La presentación de este proyecto aportará datos estadísticos y técnicos sobre generación de energía, proporcionando información a futuros proyectos; teniendo lecturas reales solares y eólicas.

1.2 Definición del problema

Considerando las características del entorno donde se llevará a cabo la implementación del sistema se ha determinado las siguientes observaciones:

- Se trata de implementar un sistema alimentado mediante una fuente de energía renovable sustentable, para lo cual se realizaron estudios previos, del clima y agentes de energía continua y recurrente en el ambiente natural.
- Mediante investigación referente a las condiciones para la generación y aplicación de energías renovables para el sector de acuicultura, se considera fundamental realizar el “DISEÑO CONSTRUCCION Y AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA HIDRAULICO CON APROVECHAMIENTO DE ENERGIA ALTERNATIVA”.
- Estimando la importancia de generar nuevas fuentes de energía, limpias y seguras, se determinaron tipos de energías renovables que se pueden implementar y aprovechar en la zona de investigación, llegando a la

solución mediante un estudio técnico y estadístico, para satisfacción del problema generado por el cliente

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Implementar un sistema integral de recirculación de agua para la quinta “El Pedregal” del cantón Salcedo provincia de Cotopaxi, mediante aprovechamiento de energía alternativa, ejerciendo un control distribuido sobre el proceso.

1.3.2 Específicos

- Fundamentar bibliográficamente las teorías de energías alternativas más conocidas y sus aplicaciones.
- Diseñar un sistema alimentado con energía alternativa para implementar en la recirculación y oxigenación de agua durante el proceso.
- Construir el sistema de recirculación teniendo en cuenta las conclusiones realizadas por parte de los programas de computador especializados en simulación mecánica.
- Implementar el sistema de monitoreo supervisor en el sistema, que faciliten la vigilancia del proceso.
- Ejecutar un protocolo de pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de bombeo hidráulico.

1.4 Alcance

El presente pretende aportar con alternativas para disminuir con el uso indiscriminado del agua (desperdicios y contaminación) mediante el uso de equipos que aprovechan energía solar, eólica o hidráulica para la recirculación de líquido entre piscinas con la finalidad de generar oxígeno para la crianza de truchas.

Para este propósito se diseña e implementa un sistema hidráulico automatizado con una capacidad 8 litros/minuto, suficiente para mantener una recirculación constante.

El sistema es de fácil manejo, comprensión y en caso de daños se puede reparar de manera fácil ejerciendo un mantenimiento.

1.5 Estado de la ciencia

1.5.1 Introducción a la energía renovable

Bajo el concepto de energías renovables excluye fuentes de energías como el carbón o petróleo, el gas natural, y la energía natural, las más empleadas en la actualidad y también las más contaminantes. (Fernández Salgado, 2009)

Mediante las energías renovables se puede definir múltiples características como:

- Beneficios medio ambientales: produce menor impacto ambiental, generando menor contaminación que otras energías convencionales.
- Energía de futuro: denominada así por una cualidad, que; nunca desaparecerá y no se agotará algún día.
- Impulsa el empleo y la economía local: la inversión de su instalación se hace en materiales y recursos humanos, aprovechando cualidades naturales de zonas en el Ecuador; en vez de importar recursos energéticos como: energía eléctrica o nuclear.
- Seguridad energética: esto puede disminuir la dependencia de compra de energía de otros países, como se da en la actualidad.

Un sistema de energía renovable, se puede definir como “un aprovechamiento alternativo de recursos energéticos, a través de fuerzas naturales que pueden ser regeneradas”. Esta definición es bastante apropiada,

ya que este sistema se puede aprovechar al máximo sin tener la preocupación de que un día se termine, ya que esta energía es generada por la naturaleza.

1.5.2 Energía eólica

La energía eólica tiene su origen en el viento, es decir, es el aire en movimiento. El viento se puede definir como una corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera provocadas, en la mayoría de los casos, por variaciones de temperatura, debidas a las diferencias de la radiación solar en distintos puntos de la tierra. Solo un 2% de la energía solar que llega a la tierra se convierte en energía eólica y por diversos motivos, solo una pequeña parte de esta energía es aprovechable (Tegueste, 2015).

La energía eólica es considerada como la energía renovable de primera magnitud es decir, que esta puede generar toda la energía de consumo mundial. Esta energía es de tipo cinético, debido a su movimiento, esto hace que toda la potencia adquirida dependa de la velocidad del viento, y sobre todo del área de captación recolectora del viento.

Desde principio de la industrialización el humano ha querido aprovechar dicha energía para diferentes usos: molinos, barcos, etc. Con lo que ha llevado a crear e investigar en máquinas eólicas llamadas aerogeneradores, aeroturbinas o turbinas eólicas, y estas son las que transforman la energía eólica en energía eléctrica o mecánica.

a Aplicaciones

- Energía mecánica: Bombeo de agua y riego.
- Energía eléctrica: generación y almacenamiento autónomo de una red de distribución eléctrica.

b Ventajas e inconvenientes

Tabla 1

Ventajas e inconvenientes de la energía eólica

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Es una energía limpia, no emite residuos.	El parque eólico exige construir infinidad de ellas, lo cual es costoso.
Es gratuita e inagotable.	La producción de energía es irregular, depende del viento, su velocidad y duración. La instalación solo puede realizarse en zonas de vientos fuertes y regulares. El terreno no puede ser abrupto.
Reduce el consume de combustibles fósiles, por lo que contribuye a evitar el efecto invernadero y la lluvia ácida, es decir, reduce el cambio climático.	Puede afectar a la fauna, especialmente aves, por impacto con los aerogeneradores.

Fuente: Modificado (Tegueste, 2015)

1.5.3 Energía solar

La energía solar es una fuente de energía permanente. La energía viaja a través del espacio en forma de radiación llegando a la atmosfera de la tierra un porcentaje menor al 60%, ya que por características atmosféricas propias de la corteza terrestre la radiación se pierde o se refleja al espacio. La radiación provocada por el sol es percibida en forma de luz, cuya estructura contiene fotones que se producen de reacciones nucleares del sol, estas llegan en forma de luz ultravioleta e infrarroja, para aprovechar dicha energía se las absorbe con

algún material como celdas fotovoltaicas de silicio. (Ente Vasco de la Energía, s.f.)

a Aplicaciones

Dentro de las aplicaciones más comunes con energía solar se pueden nombrar las siguientes:

- Energía eléctrica: capta la luz que emite y llega a la tierra mediante un sistema específico que lo transforma en electricidad y esta energía debe ser almacenada en baterías para luego ser aprovechada por el ser humano.
- Energía térmica: dichos sistemas se los conoce como sistemas pasivos, ya que estos mediante una recolección indirecta de energía solar la transforma en electricidad, a través de celdas voltaicas, y así es como se conoce a la anergia fotovoltaica.

b Ventajas e inconvenientes

Tabla 2

Ventajas e inconvenientes de la energía solar

VENTAJAS	INCONVENIENTES
El impacto ambiental es casi nulo ya que no contamina, no emite ruido y si el panel está integrado en la edificación no existe ningún impacto ambiental.	En la fabricación de los módulos fotovoltaicos se genera mayor cantidad de energía que la que producen dentro de un año de uso.
La duración de la inversión de paneles fotovoltaicos supera en tiempo de vida	En cuanto a las baterías su tiempo de vida útil son de 10 años, esto genera un impacto ampliamente fuerte en el

CONTINÚA 

a 20 años, por lo que no hay impacto ambiental de desperdicio

ambiente por lo que se debe desechar el plomo y ácidos que estas contienen.

1.5.4 Energía inercial

La ley inercial propuesta por Isaac Newton se basa originalmente en un movimiento perpetuo continuo, es decir que si un cuerpo viaja a través de su trayectoria sin una fuerza externa su movimiento y velocidad no cambia es constante, con lo que se procede a nombrar la fricción o rozamiento que existe en nuestro planeta.

Al nombrar como energía inercial se considera que un mecanismo que pueda vencer toda fricción o rozamiento que puede haber en sus estados, este movimiento ya considerado eterno, se lo puede utilizar para generar energía, y aprovechar su principal uso como fuente perpetua de energía. La principal manera de generar un movimiento mediante la inercia es a través de la gravedad, y esta fuerza es la que debe vencer a resistencia de viento, rozamiento de componentes mecánicos, al superar estas inconveniencias la energía producida es totalmente limpia, y sin impacto ambiental; es decir no existe, es nula.

a Aplicaciones

En la actualidad la energía inercial es un intento nulo de investigación ya que no existen aplicaciones industriales, para aprovechar esta energía al máximo, a lo cual se puede iniciar un estado de investigación profundo. Después de múltiples búsquedas esta técnica de invertir en la inercia quedo como algo de segunda o tercera orden cuando se trata de generar energía, porque este termino de aprovechamiento no se lo conoce.

b Ventajas e inconvenientes

Tabla 3

Ventajas e inconvenientes de la energía solar

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Se utiliza la mejor energía natural que se encuentra en nuestro planeta, es la gravedad.	La generación inercial no es eficiente con lo que al generar una cantidad de energía consume la misma cantidad de energía o mayor.
Si la generación de energía inercial llegase a ser optima, su duración seria de por vida con mantenimiento prolongado en sus partes mecánicas	Su campo no es estudiado a totalidad con lo que no se encuentran datos reales de generación inercial.

1.6 Mecánica del bombeo

1.6.1 Lineamientos principales

El incremento sostenible de la producción de alimentos depende del sano y eficiente uso del agua, y de las prácticas de conservación que consiste principalmente en el desarrollo y manejo del riego. La agricultura no solo debe producir suficiente alimento para la población, sino que también debe preservar el agua para otros usos. (Fraenkel & Thake, 2010)

Muchos son los lineamientos al tratar de bombear agua, por lo cual se va a citar entre algunos los más importantes como:

Conservación del agua: al tratar de conservar el agua más que efectos se puede derivar en sugerencias de instalación, como parte fundamental del bombeo es que no existan perdidas por transporte del agua, esto se lo puede

reducir con fáciles montajes de alinear los canales, o simplemente usa tubería cerrada. Cuando al conservar el agua en un bombeo, se puede decir que se está haciendo un bien favorable al medio ambiente, no siempre es un método de bajo impacto ambiental el instalar un mecanismo de bombeo se requiere interferir en la biodiversidad del área donde se ejecuta el bombeo de agua, por lo que es recomendable en la succión de agua, tratar de abastecer lo mínimo suficiente requerido, ya que con el exceso se puede decir que es un desperdicio, y que al intentar bombear se genera pérdidas en vez de una ganancia neta, con un amplio beneficio ambiental.

Requerimiento de bombeo: lo principal ante un bombeo es saber el promedio de la demanda de agua durante su proceso, y un pico o promedio de consumo de agua diario, con estos parámetros o requerimiento se ejecutar un accionar sobre un mecanismo que supere con la información proporcionada.

Costo: La mayor parte del costo está en la adquisición de elementos de generación de energía eléctrica, los cuales se deben importar; a lo que se refiere material no incide en su precio final.

Disponibilidad: todo elemento de generación energética no se la encuentra en el país, por lo que su disponibilidad se verá influenciada en la importación de dichos sistemas, otros materiales se los puede comprar en el medio de instalación.

1.6.2 Elevación por succión

Existen tipos de bombas que pueden y son capaces de extraer agua a diferencia de nivel atmosférica de presión, a la succión como se la conoce, la bomba puede ubicarse por encima del nivel de agua a elevar, con esto la bomba genera un vacío a través de la tubería, lo que existe el efecto de vencer a la atmosfera y elevar el fluido. Dicho efecto físico se lo puede resumir como a mayor diferencia de presión, mayor altura alcanzara el fluido en la tubería.

Al tratarse de la instalación de una bomba que sirva como principio fundamental la elevación se debe considerar muchos factores físicos como son: energía, trabajo, potencia y eficiencia.

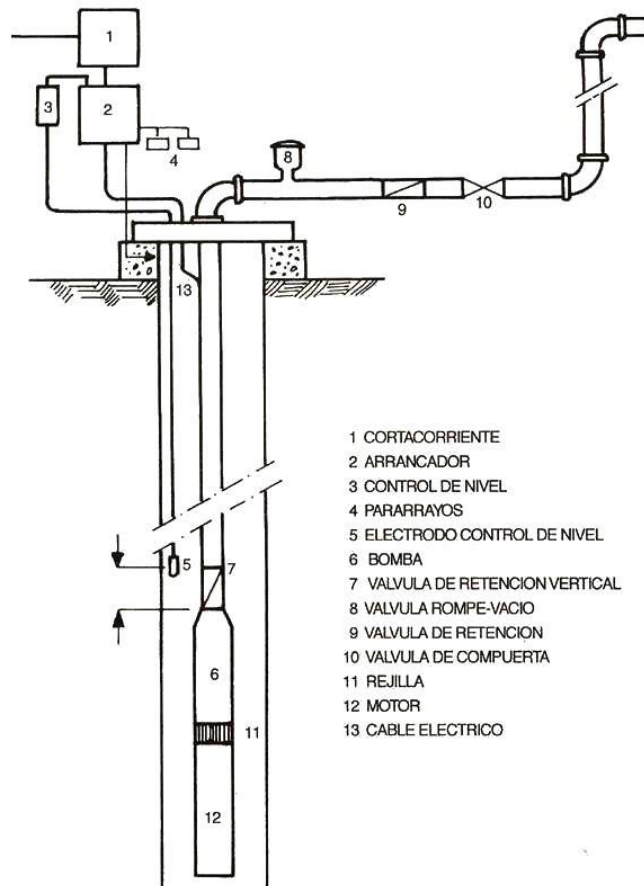


Figura 1 Instalación típica de una bomba.

Fuente: (Fraenkel & Thake, 2010)

Existen cinco partes principales en un sistema de irrigación:

- Dispositivo de elevación de agua.
- Generador de fuerza motriz.
- Almacenamiento de agua (opcional).
- Distribución primaria

- Campo de distribución secundario

1.6.3 Pérdidas en un sistema de bombeo

En el mecanismo de elevación de agua, su generador de fuerza motriz y requerimientos energéticos, pero esto solo representa una parte del sistema de agua. Se debe disponer de algún medio para recibir el agua de la fuente y un sistema de transporte para entregar el agua donde se necesite. Al hacer esto se necesita de otros componentes y estos afectan a la bomba porque introducen pérdidas que la bomba debe asumir. (Fraenkel & Thake, 2010)

En cuanto a pérdidas del sistema existen una infinidad de elementos a tener en cuenta que generan pérdidas de energía como son: la carga de succión negativa y la carga de impulso negativo, la fricción que existe en las tuberías son unas de las principales pérdidas a tomar en cuenta, que la bomba debe contrarrestar. Después está el calentamiento que se produce en el agua al ser impulsada, esto hace un cambio en viscosidad, lo cual genera fricción y cavitación; por último están las pérdidas generadas al impulsar el fluido a través de válvulas, codos, conexiones o cualquier dispositivo asociado a la tubería.

En si como existen dispositivos que ocasionan grandes pérdidas en el sistema de bombeo, en la actualidad se ha intentado llegar al punto de tener una eficiencia ideal, pero en si esto afecta a una eficiencia económica, lo cual es otro punto a considerar en cuanto a una instalación de bombeo.

En el bombeo existen dos formas de circular el agua y son:

a Al querer llevar el fluido se puede considerar de dos formas en canales, o en tubería, la diferencia es mínima un canal está abierta a la atmosfera en cuanto a tubería se lo puede considerar como un canal con techo ellos llevan caudal, el cual se lo denomina como la cantidad de agua que circula en proporción del tiempo y su fórmula utilizada es la de Manning:

$$Q = \frac{A.r^{2/3}.s^{1/2}}{n} \quad \text{Ec 1. 1}$$

Donde Q es el flujo de agua que recorre a través de canales.

b Dada un área de flujo de la sección transversal (A), un radio hidráulico (r), un gradiente hidráulico, que es la máxima caída dividida entre la distancia horizontal, y al final un coeficiente de rugosidad del material con el que fue construido el canal se llega a utilizar la Ec 1. 1, con la cual se deben obtener los flujos de agua que recorren sobre el canal en un determinado tiempo.

Con el fin de construir un canal óptimo se debe generar una pendiente lateral esta no genera residuos ni acumulación en los bordes por el cual es la forma más óptima de hacer irrigar el agua, la cual se toma en la Figura 2:

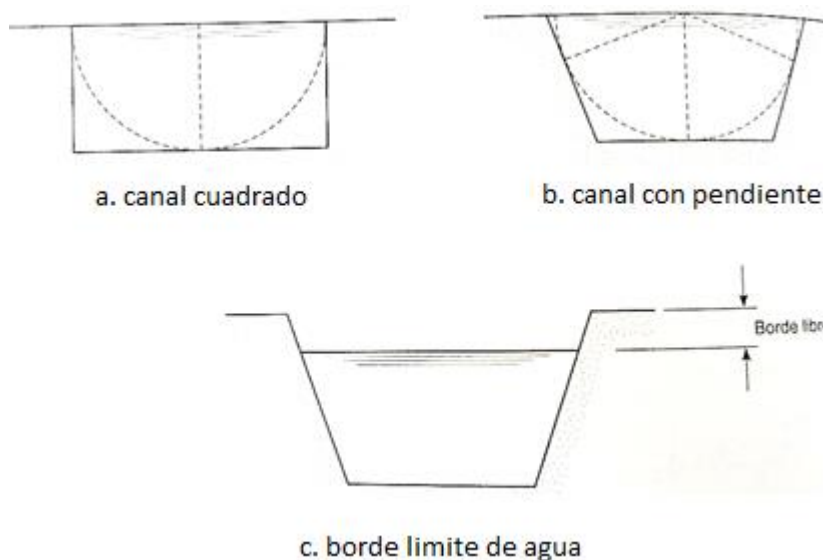


Figura 3 Construcción forma óptima de un canal de pendiente.

Fuente: (Fraenkel & Thake, 2010)

En cuanto a la tubería no es más que un canal cerrado, en esta clase es más barato en cuanto a la instalación y no se considera un desborde ya que utiliza todo el canal de flujo, sirven eficientemente para elevar el líquido y sobre todo llevar por terrenos de diferentes niveles.

1.7 Clasificación de elevadores de agua y bombas

Las familias de bombas y los sistemas o dispositivos de elevación para impulsar el agua se pueden clasificar en relación con los principios de funcionamiento de la turbina o impulsor. Se puede observar que la mayoría de estas categorías se subdividen en las siguientes clasificaciones: oscilantes/cilíndricas y rotatorias. (Fraenkel & Thake, 2010)



Figura 4 Bomba rotatoria de una sola etapa.

Fuente: (Sulzer, s.f.)

Las bombas oscilantes o cilíndricas son aquellas que se trasladan por compartimientos, siendo el uno sellado al otro. Conociendo su funcionamiento se puede decir que su bombeo es cíclico, entre las más comunes del mercado son las bombas oscilantes de desplazamiento positivo también conocidas como bombas de pistón.

En cuanto a las bombas cilíndricas, estas son aquellas que trabajan en un solo comportamiento pero el mecanismo de impulso es dado por una turbina, la cual impulsa el fluido agua, por una tubería cerrada, entre las más conocidas del

mercado se puede encontrar la bomba tipo jet, la cual para su funcionamiento es necesario contar con la energía de un motor rotativo.

1.8 Sistema SCADA y HMI

1.8.1 SCADA

SCADA viene de las siglas “**SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION**”; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. (Luis Corrales, 2007)

La perfecta funcionalidad del manejo y la visualización de las variables a controlar, en cualquier PC usando su sistema pantalla, es el objetivo más común o por decir el principal de todo sistema SCADA. Con la economía en su disponibilidad resulta más eficaz ya que no se requiere más que un computador en cualquier parte del mundo y observar lo que sucede en un sistema planta, y controlar su funcionalidad.

Mediante la accesibilidad como se ha mencionado, solo se requiere de un clic sobre la pantalla de trabajo y se observa cualquier tipo de variable que interese su supervisión, consultar el estado en que se encuentran; si están activos o en reposo, y así mismo, controlar poner funcionales o tan solo detenerlos.

Con respecto al mantenimiento este sistema permite observar en tiempo real lo que sucede, y guardar los datos de toda máquina o señales de sensores con lo que se crea un protocolo de mantenimiento predictivo, de esta manera se procede a programar fechas de revisión o cuando la máquina tenga fallos para un mantenimiento correctivo, cuando los fallos sean considerables no normales.

Una importante prestación que ofrece el integrar un sistema SCADA es la monitorización y la supervisión. En cuanto a la monitorización todo enseña en tiempo real, lo que sucede en ese instante, con lo que se puede resumir que datos de toda la planta se encuentran en tu monitor y puede revisarlos con simplemente presionar el botón. Con respecto a la supervisión, esto permite

tomar decisiones sobre la planta de procesos, con lo que adjudica supervisar el proceso de los autómatas y así disminuir la supervisión humana, en el efecto de supervisión lo primordial es tratar de ejecutar un programa de mantenimiento predictivo con eso se evita los paros del proceso y pérdida de tiempo.

1.8.2 HMI

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría). (Rodríguez Penin, 2012)

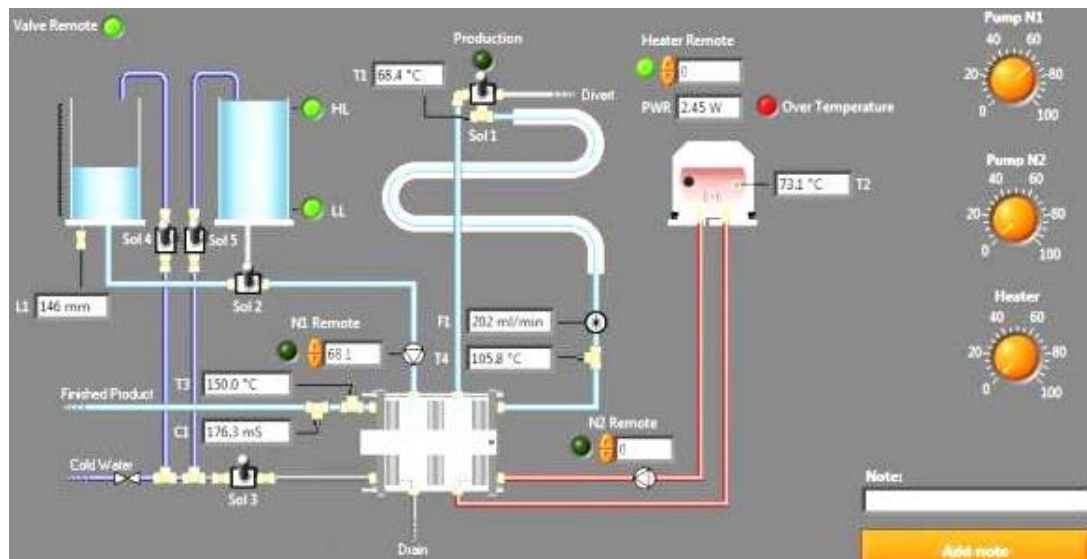


Figura 5 SCADA de recirculación de agua.

Fuente: (InTouch, Wonderware).

1.9 Introducción a la ingeniería concurrente

La ingeniería concurrente (IC) engloba una serie de técnicas especializadas en la innovación de productos y procesos. Estas técnicas son enfocadas a realizar buenas pruebas de ingeniería, optimizar recursos, regresando a la base principal o concebida como primera instancia de procesos y productos, para lo cual se necesita desarrollar el análisis en función del QFD (Quality Function

Deployment) significa despliegue de la función de calidad; ayudando a reducir tiempos que se atribuye al desarrollo del proyecto (Pérez, 2012).

1.10 Desarrollo de función de calidad

El despliegue de la función de calidad es un método globalizador cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición de un producto o servicio se han considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios (o, la voz del usuario), a la vez que también constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida, consiste en un proceso estructurado que permite traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y de la fabricación (Riba i Romeva, 2002).

Fue introducido por primera vez en Japón en el año 1972, e inmediatamente tuvo una gran aceptación en este país; más tarde, en 1983 fue introducido en EE.UU. de la mano de YojiAkao, y hoy día se utiliza en numerosas empresas de los países desarrollados y en vías de desarrollo (Riba i Romeva, 2002).

Es un método que presupone el establecimiento de un equipo pluridisciplinario orientado al consenso, basado en aproximaciones creativas y que permite la síntesis de nuevas ideas de una manera estructurada. (Riba i Romeva, 2002)

En el proyecto existente, se vio la necesidad de asegurar el cumplimiento de las peticiones hechas por el usuario, así llegando a la conclusión y posible solución del proyecto.

1.10.1 Las Cuatro Fases

YojiAkao definió una serie de matrices para guiar el proceso del desarrollo de la función de calidad. Cada fase del desarrollo de un producto (planificación del producto, despliegue de componentes, planificación del proceso y planificación de la producción) se representa por una matriz cuyas características de diseño

aportan las especificaciones de entrada a la matriz siguiente: en una secuencia en forma de una cascada de cuatro saltos (Riba i Romeva, 2002):

- **Planificación del producto:** Traduce las demandas de los clientes en características técnicas del producto.
- **Despliegue de componentes:** Traduce las especificaciones del producto en características de los componentes.
- **Planificación del proceso:** Traduce las especificaciones de los componentes (o características de los componentes de la matriz anterior) en características del proceso de fabricación.
- **Planificación de la producción:** Traduce las especificaciones del proceso (o características del proceso de fabricación de la matriz anterior) en procedimientos de planificación de la producción.

1.10.2 La casa de calidad

La primera de estas matrices Figura 6 y Figura 7, traduce las demandas de los usuarios en requerimientos técnicos del producto. Es la de aplicación más frecuente y en ella se distinguen 6 pasos (Riba i Romeva, 2002):

- **Voz del usuario:** Describe las demandas (requerimientos y deseos) de los usuarios.
- **Análisis de competitividad:** Describe, según el usuario, el grado de satisfacción que proporcionan los productos o servicios de la empresa respecto a los de la competencia.
- **Voz del ingeniero:** Describe los requerimientos técnicos que deberán articularse para satisfacer las necesidades de los usuarios
- **Correlaciones:** Establece las correlaciones entre la voz de los usuarios y la voz del ingeniero.

- **Comparación técnica:** Compara el producto de la empresa con los de la competencia.
- **Compromisos técnicos:** Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto.

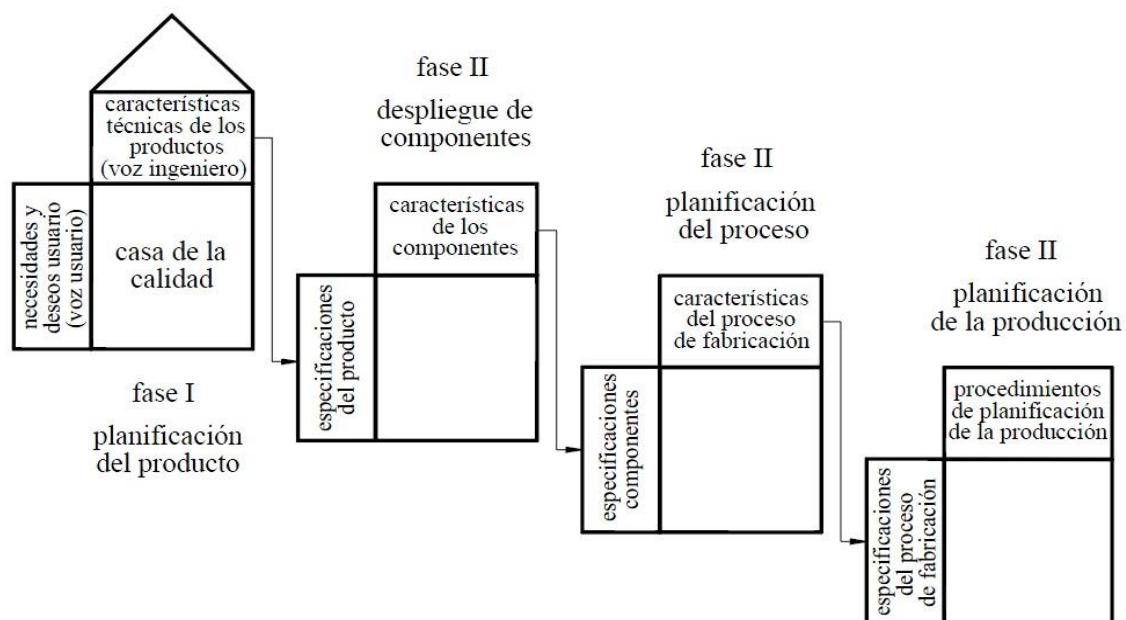


Figura 8 Esquema general del QFD.

Fuente: (Riba i Romeva, 2002)

En el desarrollo de la función de calidad, las demandas de los clientes constituyen el elemento conductor de todo el proceso de diseño de un nuevo producto o servicio. El primer paso consiste, pues, en pedir a un grupo representativo de usuarios (en su sentido más amplio: distribuidores, vendedores, usuarios finales) cuáles son sus requerimientos y deseos. Una de las formas más frecuentes de hacerlo es a través del diagrama de afinidad. Se procede de la siguiente forma (Riba i Romeva, 2002):

Se realiza una lluvia de ideas entre un grupo de clientes en relación a todos sus requerimientos y deseos sobre el nuevo producto, aunque sean expresados de forma vaga, incompleta y con redundancias. Por medio de un experto en el

método QFD los requerimientos y deseos de los usuarios son formulados de forma precisa y útil como entradas al sistema (Riba i Romeva, 2002).

Todas las demandas deben tener un mismo nivel de detalle; si la lista resulta demasiado larga (lo que sucede con frecuencia), deben agruparse las demandas bajo títulos más generales hasta identificar un máximo entre 20 y 30 categorías (Riba i Romeva, 2002).

a Voz del usuario

Según la percepción que el usuario tiene de ellas, estas demandas se clasifican en los siguientes elementos:

- **Demandas básicas:** A menudo no son formuladas por los usuarios ya que se consideran obvias; sin embargo cuando no se cumplen, el usuario manifiesta insatisfacción.
- **Demandas unidimensionales:** Con su mejora aumenta proporcionalmente la satisfacción de los usuarios.
- **Demandas estimulantes:** Estas características complacen al usuario y diferencian un producto de otro. En caso de no darse, no producen insatisfacción en el usuario con el tiempo, las demandas estimulantes se convierten en unidireccionales y éstas últimas en básicas.

b La voz del ingeniero

El reto más importante en la construcción del QFD es la traducción de las demandas subjetivas de los clientes en características técnicas objetivas del producto, lo que constituye la voz del ingeniero (Riba i Romeva, 2002).

Para realizar este paso el equipo de diseño debe crear una lista de características técnicas medibles y al alcance de la empresa, que puedan dar cumplimiento a las demandas. Como mínimo para cada demanda se debe

identificar una característica técnica. De forma análoga a las demandas de los clientes, su número máximo debe situarse entre 20 y 30 (Riba i Romeva, 2002).

c Correlaciones

El cuerpo de la casa de calidad muestra las capacidades de cada característica técnica para satisfacer al cliente en cada una de las demandas. En este paso hay que formularse la siguiente pregunta: ¿Hasta qué punto se podrá predecir que se van a satisfacer las demandas a partir de las características técnicas elegidas? (Riba i Romeva, 2002).

El resultado de esta pregunta debe obtenerse por consenso del equipo de diseño y se establece en tres niveles: fuerte, mediano y débil (simbolizados por un círculo con punto, un círculo y un triángulo, respectivamente y, si no existe relación, el espacio se deja en blanco). Este trabajo de evaluación establece un lenguaje común entre los miembros del equipo de diseño y fomenta las comunicaciones entre los departamentos durante todo el proyecto (Riba i Romeva, 2002).

d Evaluación técnica

Este paso se realiza después de haber completado el cuadro de correlaciones del paso anterior y consiste en la evaluación de la incidencia de cada una de las características técnicas en la satisfacción de las demandas del usuario (Riba i Romeva, 2002).

Para ello, el equipo de diseño calcula la incidencia de cada característica técnica en base al sumatorio de productos de los factores de incidencia, I_d , función de cada correlación (fuerte = 9; mediana = 3; débil = 1) por el correspondiente valor de la ponderación, S_{dt} , que está en la columna H (Riba i Romeva, 2002).

En otro orden de cosas, la implantación del desarrollo de la función de calidad suele ser más simple si se aplica inicialmente a la mejora de un producto

conocido. Más adelante se estará en condiciones de abordar el diseño de nuevos productos. La implementación de una casa de calidad se ejemplifica en la Figura 9 (Riba i Romeva, 2002).

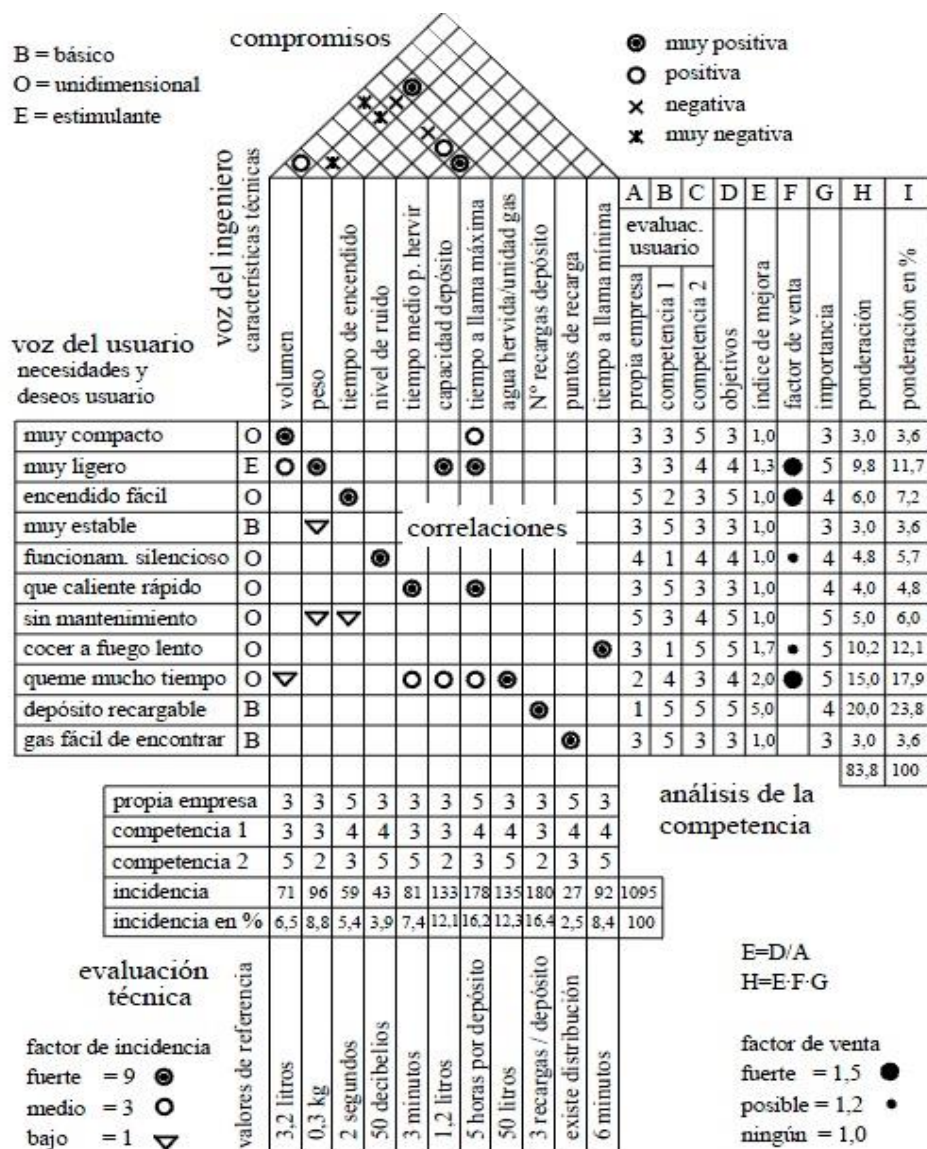


Figura 10 Casa de la calidad aplicada al caso de definición de las características de un fogón de camping.

Fuente: (Riba i Romeva, 2002)

1.10.3 Módulo e interfaces

El análisis funcional de un producto o sistema y la elaboración de la estructura funcional es un primer paso para establecer su estructura modular (la mayor parte de diseñadores realizan estos procesos sin formalizarlos), a partir de combinar las diversas funciones en módulos de forma que se consigan los dos objetivos prioritarios siguientes (Riba i Romeva, 2002):

- **Agrupar las funciones en módulos:** Es conveniente que cada una de las funciones sea realizada por un solo módulo. En caso de no ser posible, hay que delimitar convenientemente la parte de la función que realiza cada módulo y sus interrelaciones.
- **Establecer interfaces adecuadas entre módulos:** Interfaces es cualquier superficie real o imaginaria entre dos módulos de un sistema.
- **Interfaz mecánica:** Superficie por medio de la cual se establece una unión mecánica entre dos módulos de un producto o sistema. Esta unión puede ser fija, si no permite el movimiento relativo entre las partes, o móvil (también enlace), si lo permite (función de una determinada geometría de contacto).
- **Interfaz de energía:** Superficie a través de la cual se establece un flujo de energía entre módulos de un producto o sistema (en casos límites, también de fuerzas, deformaciones o movimientos).
- **Interfaz de transferencia de materiales:** Superficie a través de la cual se establece un flujo de material entre módulos de un producto o sistema. Por ejemplo, la alimentación de materia prima y la retirada de piezas acabadas en un torno.
- **Interfaz de señal:** Superficie a través de la cual se establece un flujo de señal entre módulos de un producto o sistema. Por ejemplo, la

comunicación de la imagen entre la unidad central y la pantalla de un ordenador.

Lamentablemente, a menudo se parte en los diseños de un análisis limitado a las interfaces mecánicas e insuficiente por lo que respecta a otros flujos. Ello puede acarrear que los "detalles" de última hora (cableados, conducciones, alimentación de materiales), se transformen en problemas de muy difícil solución en una etapa del proyecto en la que las principales decisiones ya han sido tomadas (Riba i Romeva, 2002).

Para facilitar la representación de las funciones y de los flujos en la estructura funcional de un producto o sistema, es conveniente disponer de símbolos adecuados cuya utilización sea lo suficientemente flexible (Riba i Romeva, 2002).

Los símbolos que se ejemplifican en la Figura 11 y están utilizados son los siguientes (Riba i Romeva, 2002):

- **Función:** Rectángulo de línea continua.
- **Flujo de material y dirección:** Flecha de doble línea continua.
- **Flujo de energía y dirección:** Flecha de línea continua.
- **Flujo de señal y dirección:** Flecha de línea discontinua.
- **Sistema, subsistema, módulo:** Polígono de línea de punto y raya.

Las descripciones de los diferentes conceptos se realizan de la siguiente manera (Riba i Romeva, 2002):

- **Funciones.** Se sitúan dentro del rectángulo y preferentemente se definen con un verbo seguido de un predicado: transferir pieza; mover brazo; controlar posición.

- **Flujos.** Su objeto se indica encima de las flechas correspondientes: de pieza en bruto, acabada; de alimentación eléctrica, de accionamiento del cabezal; de señal de puesta en marcha, de posición.
- **Sistema, subsistemas y módulos.** Se indica encima y a mano izquierda del polígono que los delimita.

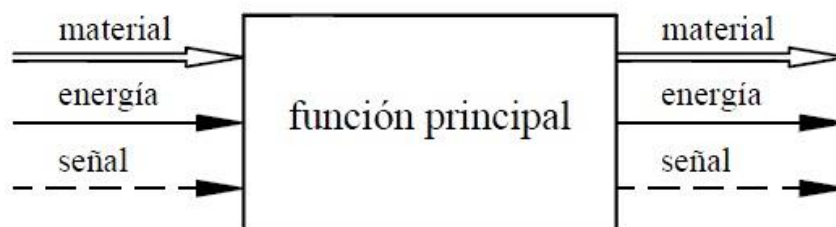


Figura 12 Ejemplo simbología módulos funcionales.

Fuente: (Riba i Romeva, 2002)

1.11 Software del sistema hídrico

Constituye el conjunto de programas de cómputo, en los cuales se especifican, analizan, diseñan y simulan tanto los materiales mecánicos y electrónicos del sistema de bombeo y recirculación, así como la programación interna que requiere el proyecto para su funcionamiento.

1.11.1 Software CAD

Los beneficios de utilizar software CAD es la reducción considerable de tiempo invertido en el análisis de prototipos y simulaciones, los software más utilizados son: Autocad e Inventor

1.11.2 SIMATIC

SIMATIC S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. Se combina la automatización máxima y mínimo coste. Debido al diseño modular compacto con un alto rendimiento al mismo tiempo, el SIMATIC S7-1200 es

adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización. Su campo de aplicación se extiende desde la sustitución de los relés y contactores hasta tareas complejas de la automatización en las redes y en las estructuras de distribución. El S7-1200 también se abre cada vez más ámbitos en los que la electrónica especial ha sido desarrollada previamente por razones económicas (SIEMENS AG, 2015) .

CAPÍTULO II

2. DISEÑO Y SELECCIÓN

2.1 Criterios técnicos

Previo al análisis funcional para realizar el diseño y selección de materiales y elementos, se requiere establecer requerimientos del cliente, teniendo en cuenta primeramente un criterio de ingeniería y un sustento de investigación y cálculos. Posteriormente se dividirá el sistema de acuerdo al requerimiento energético, lugar de implementación y características como peso y dimensiones, para finalmente describir de forma puntual cada elemento y proceder al diseño antes mencionado

Al implementar este nuevo sistema dentro del ámbito de la piscicultura, fomento el diseño de una tecnología innovadora a un costo moderado y que su durabilidad sea lo más rentable posible, creando también un efecto de bajo mantenimiento, por lo que su factor de seguridad debe ser admisible dentro de un periodo de funcionamiento de 18 horas y 7 días a la semana, con lo que se concluye que este sistema no se detendrá más que para un mantenimiento correctivo.

Algunos objetivos de diseño generados por experiencia, fueron tomados en cuenta para facilitar la construcción del sistema solar como se muestra a continuación:

- Diseñar, seleccionar y definir los elementos que formaran parte del sistema energético, bombeo, control y monitoreo.
- Clasificar los sistemas de generación eléctrica para suministro del proyecto a construir.
- Diseñar y seleccionar el tipo bombeo que mejor se adapte a solución del problema para la autonomía energética.

- Seleccionar una bomba que cumpla con la eficiencia y requerimiento del usuario, con sus respectivos complementos de montaje.

2.2 Parámetros de diseño

El sistema energético, como el de bombeo debe ser evaluado para que posea ciertas características que permitan una buena correlación con el usuario, un fácil uso del sistema y puesta en marcha, entre implementar un sistema contra fallas de percances naturales.

2.2.1 Casa de la calidad de implementación energética

A continuación, se diseñó la base de una casa de la calidad con los requerimientos del usuario y teniendo en cuenta las energías renovables aprovechadas en nuestro país.

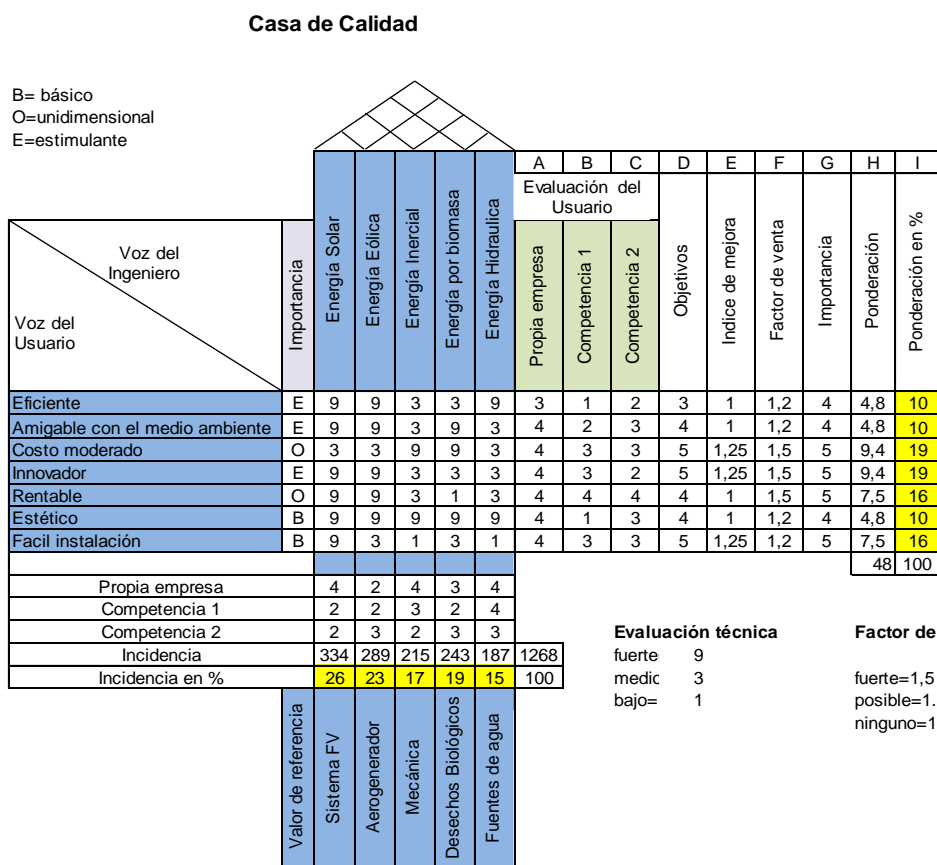


Figura 13 Casa de Calidad de recursos energéticos.

Los datos de correlación se los determinaron mediante su nexo entre la voz del usuario y la voz del ingeniero, obteniendo parámetros de diseño.

Por consiguiente, después de analizar las distintos tipos de energías renovables existentes en el país, se llegó a la conclusión de poder analizar dos tipos de energías, ya que estas cumplen con los requerimientos del usuario, y con las características técnicas necesarias para solución del proyecto.

2.3 Características generales del sistema

Al considerar las opciones en energías renovables aplicables dentro del campo de investigación, se pudo evaluar y analizar la mejor opción para aplicar un sustento eficiente de alimentación energética.

2.3.1 Análisis y características de energía eólica

En el sistema eólico se definen tres campos para poder seleccionar el aerogenerador, tal como: velocidad de viento, revoluciones del rotor y frecuencia de viento.

Actualmente si fuera posible instalar sistemas eólicos en todos los lugares permisibles, se podría recuperar 5 veces la energía gastada por la humanidad.

La energía del viento cambia drásticamente con la velocidad que pueda llegar a alcanzar, con lo que un pequeño cambio de velocidad permite que la potencia se triplique, es decir; cuando la velocidad se duplica la potencia del viento se triplica, es 8 veces mayor a la original, con lo que un aerogenerador puede abastecer de energía súbitamente con el cambio al doble de velocidad.

Para la medición del viento y su velocidad se requiere de un anemómetro, el cual tiene la capacidad de determinar la dirección y velocidad del viento, el cual es medido en grados con la dirección y en m/s para su velocidad.

La estación anemométrica se ubicó en la quinta EL PEDEGRAL sector YANAYACU, cuyas coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 4:

Tabla 5**Posicionamiento estático de la estación meteorológica.**

Parámetros	Medición
Latitud	1°04'12.4"S
Longitud	78°34'34.7"W
Elevación snm (m)	2645

El equipo utilizado se encuentra situado a 7 metros de altura con relación al suelo, el cual se encuentra orientado hacia el norte y dicho equipo utilizado es de marca DAVIS.

Después de 8 meses de análisis de clima, en el sector de Yacupamba, se diagnosticó los siguientes datos para un estudio de potencial eólico, que a continuación se especifica en la Tabla 6:

Tabla 7**Cálculos estadísticos de la velocidad de viento.**

Cálculos Estadísticos		
Velocidad Viento en 8 meses		
N	Válidos	14822
	Perdidos	0
Media		1,65
Mediana		1,73 ^a
Moda		0
Varianza		1,424
Rango		18
Mínimo		0
Máximo		18
Suma		24385

En la Tabla 8, se observa que el número de muestras obtenidas durante 8 meses fueron 24385 datos, con los cuales se realizó un histograma Figura 14; posteriormente se realizaron cálculos estadísticos obteniendo una media de velocidad de viento de 1.65 m/s y el dato moda o que más se repitió fue de 0 m/s. A partir de estos datos se concluye que en el sector donde se efectuó el estudio no existe medida de viento constante para obtener un potencial eólico ideal para la generación de energía eléctrica.

Al establecer un rango de histograma, se logra observar que existe un mínimo de 0 m/s y un máximo de 18 m/s, por lo que se concluye así que no es algo constante, con lo que existe picos de velocidad de viento.

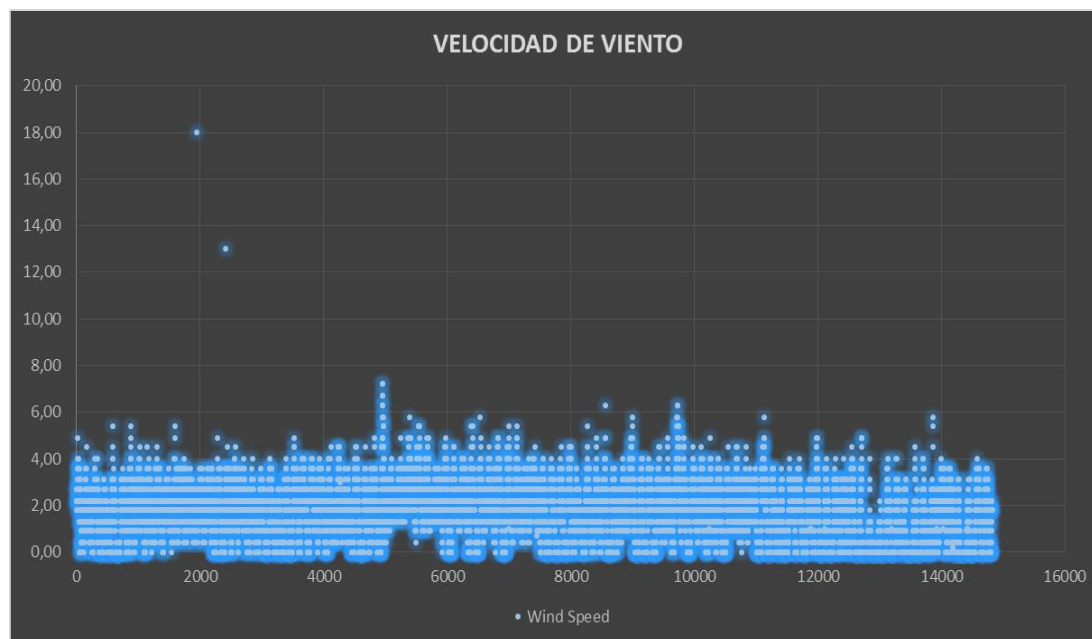


Figura 15 Datos de velocidad del viento en el periodo evaluado.

Después de analizar los datos estadísticos de la velocidad del viento, se realizó los cálculos respectivos, suponiendo que los resultados obtenidos son válidos; se procede a ponderar y separar rangos de velocidad iguales, obteniendo la Tabla 9, la cual tanto en el conteo de frecuencias se obtuvo un total de 14822 muestras validas en el lapso de tiempo de 8 meses.

Al interpretar la tabla descrita; se define lo siguiente, la mayor frecuencia de velocidad es de 0 m/s, por lo cual se lo pondera con el 19,2% teniendo como resultado que 46 días no hubo viento en la zona estudiada.

El segundo dato de mayor frecuencia se lo encuentra con 2,2 m/s, con la asignación de porcentaje del 14,6%, dando como fin un rango de 45 días de acción a esta velocidad.

Tabla 10

Frecuencias y porcentajes de la velocidad de viento.

Velocidad de viento m/s					
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
	0	2841	19,2	19,2	19,2
	0.2	1	0,0	,0	19,2
	0.4	1049	7,1	7,1	26,3
	0.7	1	0,0	0,0	26,3
	0.9	1061	7,2	7,2	33,4
	0.98	1	0,0	0,0	33,4
	1	9	0,1	0,1	33,5
	1.3	1656	11,2	11,2	44,7
	1.8	2131	14,4	14,4	59,0
	2.2	2158	14,6	14,6	73,6
	2.7	1817	12,3	12,3	85,9
	3	1	0,0	0,0	85,9
Válidos	3.1	1108	7,5	7,5	93,3
	3.6	567	3,8	3,8	97,2
	4	227	1,5	1,5	98,7
	4.5	98	0,7	0,7	99,4
	4.9	49	0,3	0,3	99,7
	5.4	25	0,2	0,2	99,9
	5.8	10	0,1	0,1	99,9
	6.3	6	0,0	0,0	100,0
	6.7	2	0,0	0,0	100,0
	7.2	2	0,0	0,0	100,0
	13	1	0,0	0,0	100,0
	18	1	0,0	0,0	100,0
	Total	14822	100,0	100,0	

Para la obtención del potencial eólico en cierta área circular específica, se requiere del conocimiento de tres factores importantes:

- a** Velocidad, debido a que la velocidad del viento no es constante, se realizaron estudios de velocidad en función del tiempo; mediciones cada 15 segundos con promedios cada 10 minutos, durante 8 meses.
- b** Densidad del aire seco, tomada como 1.223 medida en kg/m^3 , la que corresponde a la presión atmosférica promedio a nivel del mar y a 15 °C.
- c** Tamaño del rotor. Para efectos de cálculo se supone un aerogenerador de tipo ENAIR30 con un rotor de diámetro 3.3 m. Ver ANEXOS-A.(ENAIR, 2015).

La ecuación general del potencial eólico es:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi r^2 \quad \text{Ec.2.1}$$

Donde:

P es la potencia expresada en W

ρ es la densidad del aire seco en kg/m^3

v es la velocidad media en m/s

r es el tamaño del rotor del aerogenerador

La variación de la densidad es considera mediante la siguiente ecuación:

$$\rho = 1.225 e^{\left[\frac{-z}{8435} \frac{(T-15)}{288} \right]} \quad \text{Ec.2.2}$$

Donde:

z es el valor de la altura en m snm. y T es la temperatura en Celsius.

Los datos que se muestran en la Tabla 11 representan los promedios alcanzados, con los instrumentos previamente mencionados, en el periodo que comprende a los 8 meses de lecturas.

Tabla 12

Valores promedios obtenidos en el equipo meteorológico DAVIDS.

Velocidad del viento	Dirección del viento	Temperatura
1,65 m/s	WNW	13.1 °C

Mediante la Ec.2.2, la corrección de la densidad por efecto de temperatura y altura es:

$$\rho = 1.225e^{\left[\frac{-2645}{8435} \frac{(13.1-15)}{288}\right]}$$

$$\rho = 0.9011 \text{ kg/m}^3$$

El potencial eólico para un aerogenerador comercial de 3,3 metros de radio, así como la velocidad promedio calculada de los datos experimentales es; usando la Ec.2.1:

$$P = \frac{1}{2} (0.9011 \text{ kg/m}^3) (1.65 \text{ m/s})^3 \pi (3.3 \text{ m})^2$$

$$P = 138.4849 \text{ W}$$

Con esto el potencial eólico alcanzada es de 0.13 KW, es decir que su eficiencia máxima es de 90%, alrededor de 0.1 KW.

2.3.2 Análisis y características de energía solar

La energía solar es de conocimiento universal que, se aprovecha de la energía de la luz solar, pero en realidad se descubrió que la radiación directa no genera electricidad a menos que haya un proceso químico. Donde se investiga que el silicio conduce más electricidad expuesto a la luz, por lo que, se comenzaron a desarrollar celdas fotovoltaicas, con silicio que es el segundo elemento más abundante en el planeta.

Las celdas fotovoltaicas hoy en día pueden competir con cualquier fuente de energía que exista, ya que son capaces de generar energía confiable, por ejemplo, se instaló en U.S.A. una planta capaz de generar 1 millón de watts.

La celda FV (Fotovoltaicas) produce electricidad siempre y cuando el sol la ilumine. Un proceso bastante confiable ya que el sol sale cada día, eso es el elemento básico de teoría que se debe tener en cuenta al instalar un sistema FV. Cuando se requiere instalar un sistema FV se debe tener en cuenta que el conjunto de celdas solares estén lubricadas con ciertos químicos que generan cargas positivas y negativas, para generar electricidad.

A una combinación de celdas solares se la conoce como modulo solar este módulo puede tener un tiempo de vida entre 10 a 20 años dependiendo del fabricante, en cuanto a la instalación de módulos solares se lo conoce como arreglo solar y este es el que genera la electricidad en gran masa para funcionamiento de la industria a tecnificar.

En este tipo de generación de energía no se utiliza ningún tipo de combustible en el proceso, por lo que el proceso FV cada día es más productivo, fiable y es mucho más rentable.

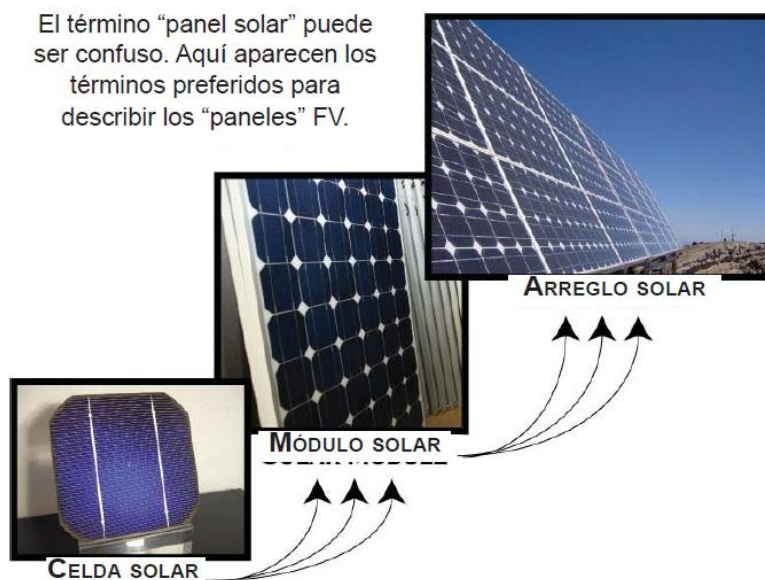


Figura 16 Combinaciones del sistema solar.

Fuente: (Solar Energy International, 2013)

La energización de aparatos con energía solar prácticamente abarca todo, es decir cualquier aparato puede ser alimentado con electricidad, en los últimos años las celdas FV tienen un rendimiento actual del 40% de recepción de luz solar y lo transforma en corriente continua. Donde se puedan realizar las instalaciones normalmente el factor más importante es el costo, los dólares por vatio de FV instalado, ya que esta cifra ha decaído en los últimos años, se puede considerar que ya no es una energía alternativa, sino una energía renovable que ha conseguido ser dominante.

Las celdas FV no tienen partes móviles, solo requieren luz solar para funcionar, estos paneles están recubiertos de vidrio templado, lo cual es apto para soportar viento, lluvia, nieve y granizo. Esto quiere decir que trabaja en condiciones extremas al ambiente, generando por un lapso de tiempo de 25 años, sin decir que uno de sus principales efectos positivos, es que no producen el temible efecto invernadero.

Atreves de los años la rentabilidad de energía solar ha incrementado ya que el precio de los sistemas FV han disminuido y el uso de la energía eléctrica tradicional ha aumentado lo hace en su vez un impulso positivo en la inversión de generación de energía y da oportunidades laborales.

Por las cualidades, propiedades y rentabilidad, se decidió la instalación de una energía alternativa FV (fotovoltaica). El criterio fue ampliado y referenciado en la Figura 17.

Propia empresa	4	2	4	3	4	
Competencia 1	2	2	3	2	4	
Competencia 2	2	3	2	3	3	
Incidencia	334	289	215	243	187	1268
Incidencia en %	26	23	17	19	15	100
Valor de referencia	Sistema FV	Aerogenerador	Mecánica	Desechos Biológicos	Fuentes de agua	

Para poder realizar un cálculo de consumo energético, solo es cuestión de multiplicar y dividir por las horas de funcionamiento.

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{uso diario}$$

Ec.2.3

En primer lugar se debe tener un promedio de consumo energético, el cual se muestra en la Tabla 13, en la cual se desglosa todos los artefactos de consumo energético a través de energía solar.

El controlador tiene una eficiencia del 95% por lo que se debe agregar su factor de corrección a la potencia que se le debe entregar.

Tabla 14**Promedio de consumo energético.**

Artefacto	Potencia (W)	Uso diario (horas)	Energía (W/hora)
Bomba	316	8	2528
Controlador	10	16	160
Total			2688

El sistema a implementar va a consumir un promedio de potencia de 2.64 kW, en una media de tiempo de uso de 16 horas diarias, esto demuestra que, la energía que genera el sistema se debe dividir para las 16 horas, lo que en promedio entrega 165 W/hora.

En la zona a implementar se efectúa hacer el cálculo promedio de radiación por medio de mapas solares para generación eléctrica que se va a estudiarlos a continuación:

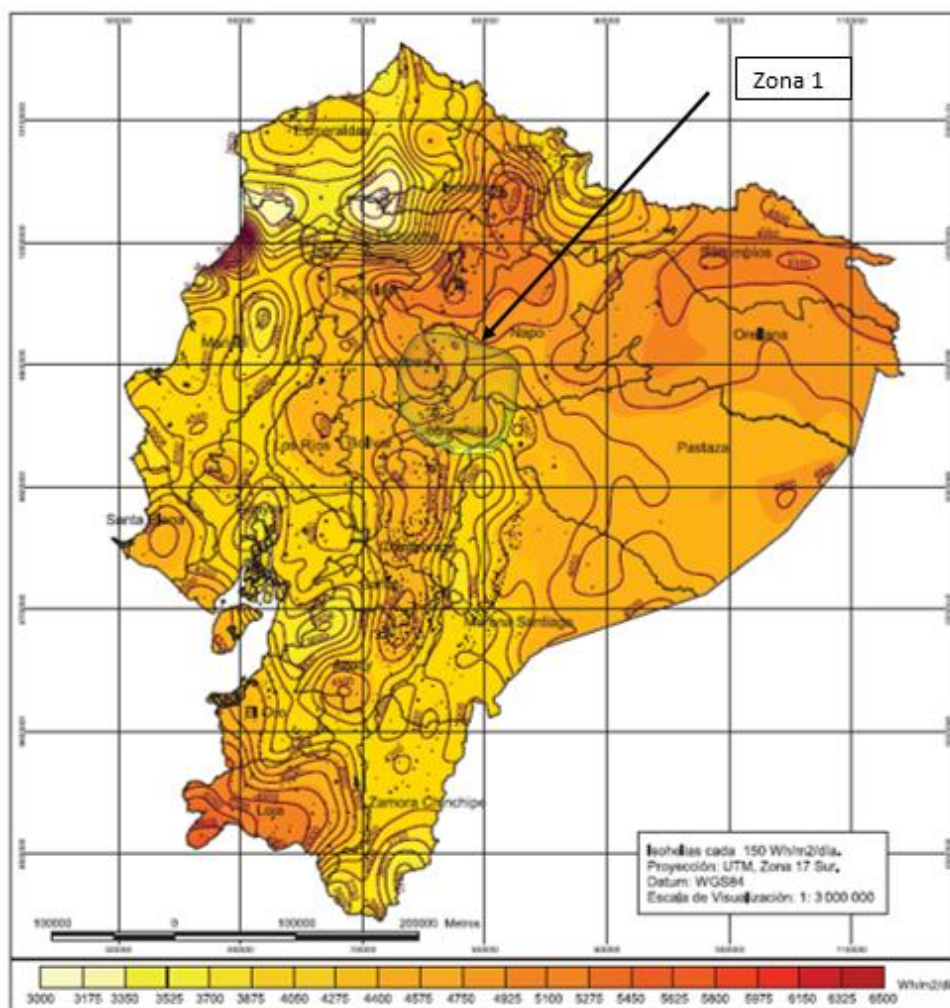
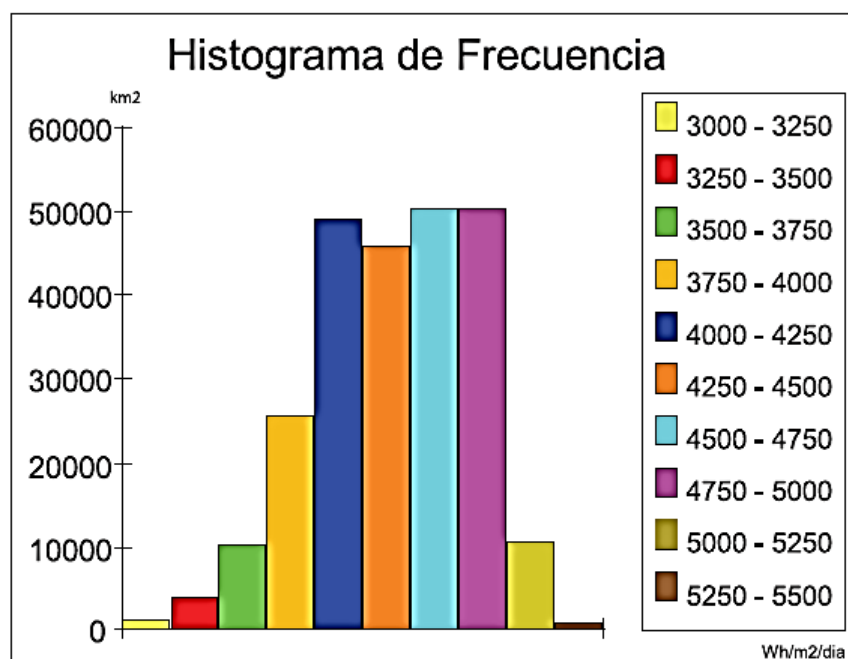


Figura 18 Radiación solar global promedio del Ecuador para generación de electricidad.

Fuente: (CONELEC, 2008)

Para el cálculo estadístico de radiación solar en el sector de Yanayacu se utilizó información de mapas solares y posteriormente una media estándar de generación eléctrica, utilizando gráficos de histogramas que se observan a continuación:



Valor Máximo: 5 523 Wh/m2/día
 Valor Mínimo: 3 089 Wh/m2/día
 Valor Promedio: 4 411,18 Wh/m2/día
 Desviación Estándar: 415,7527 Wh/m2/día

Figura 19 Histograma de frecuencias para radiación solar en Ecuador.

Fuente: (CONELEC, 2008)

Al haber calculado una media potencial de radiación solar para generación de electricidad, se procede a determinar tanto el número de paneles que se deben instalar, al igual que la cantidad de baterías por unidad para dar una autonomía por la noche.

Al tener datos como la cantidad de potencia por cada unidad de área por hora que se necesita al día, se recurre al cálculo de la carga necesaria que se procede al dividir la potencia del sistema con el voltaje de alimentación, que es de 24 voltios emitidos por el controlador siendo la fuente sus baterías, el mismo que se da así:

$$\frac{2688W/hora}{24V} = 112 A/hora$$

El valor de 24 V es el voltaje necesario del sistema para su funcionamiento. Ver Anexo A

El proyecto será alimentado con C.C. (corriente continua) por lo que un factor de inversión será de 1, al no haber inversión de C.C. a C.A. (corriente alterna)

El asignar un factor de seguridad al sistema con el 20% de posibilidades ante fallas por incidencia naturales, como son el polvo, lluvia, etc.; el factor de seguridad es de 1.2 como se determina en OMM, para poder dimensionar posibles voltajes corrientes y potencias.

El valor de la corriente del sistema será solo de información ideal, ya que al cálculo de una corriente corregida se la multiplica por el factor de seguridad, por consiguiente:

$$\text{corriente corregida} = 112 \text{ Ah} \times 1.2 = 134.4 \text{ Ah}$$

A continuación se requiere el valor de radiación solar, en cálculos anteriores que se encuentran en la Figura 20, mediante una media calculada se destinó el valor de 4.41 kW/m².

En secuencia se logra identificar la corriente pico del sistema al cual solo se divide la corriente corregida con la radiación solar promedio antes descrita:

$$\text{corriente pico} = \frac{134.4 \text{ Ah}}{4.41 \text{ kW/m}^2} = 30.47 \text{ A}$$

Con todos los datos antes descritos y con sus respectivos cálculos, se procede con un dimensionamiento de los módulos FV o como son conocidos paneles fotovoltaicos, los cuales a través de ciertos arreglos algebraicos se estimar una cantidad necesaria para el sistema, que a continuación se describe:

$$\text{factor de corriente} = \frac{\text{corriente pico del sistema}}{\text{corriente pico del manual}} \quad \text{Ec.2.4}$$

$$\text{factor de corriente} = \frac{30.47 A}{11 A} = 2.77$$

El valor de 11 amperios se seleccionó como cantidad de corriente necesaria descrita en el manual, este valor permite el desempeño del sistema y garantizada su eficiencia.

Al tener un factor de corriente, se sigue con el cálculo de un factor de tensión el mismo que se describe a continuación:

$$\text{factor de tensión} = \frac{\text{tensión del sistema de paneles}}{\text{tensión del manual}} \quad \text{Ec.2.5}$$

$$\text{factor de tensión} = \frac{24 V}{33 V} = 0.77$$

Por último se inicia el cálculo de un arreglo de módulos F.V.:

$$\text{arreglo de módulos} = \text{factor de corriente} \times \text{factor de tensión} \quad \text{Ec.2.6}$$

$$\text{arreglo de módulos} = 2.77 \times 0.77 = 1.99$$

El sistema necesita de 1.99 paneles fotovoltaicos, los cuales por razón de disponibilidad comercial se seleccionaron 2 paneles F.V. y de características de 150W y de tensión 24 V. por modulo fotovoltaico; de esta manera se logra obtener la suficiente captación solar para producción de energía eléctrica.

Para un arreglo de baterías en serie o paralelo se aplica la siguiente ecuación, la cual nos permite saber la cantidad de baterías que se deben adquirir y de la misma forma sus características de potencia y voltaje:

$$\text{capacidad banco de baterias} = \text{dias de autonomía} \times \text{carga en CC} \quad \text{Ec.2.7}$$

$$\text{capacidad banco de baterías} = 112 Ah \times 2 \text{ dias} = 224 Ah$$

Es necesario corregir el dato de capacidad con la profundidad de descarga, este es un índice que indica cuanto se va a descargar la batería, siempre debe ser < 1 , ya que si fuera uno la batería se descargaría completamente; por lo que se designará con 0.7, que significa 70% de descarga.

Así la corrección sería:

$$\text{capacidad corregida} = \frac{224 \text{ Ah}}{0.7} = 320 \text{ Ah}$$

Como dato técnico se tiene que la capacidad de batería es de 85 Ah, con lo que se determinara un arreglo de baterías en paralelo de la siguiente manera:

$$\# \text{ baterias en paralelo} = \frac{\text{capacidad corregida}}{\text{capacidad de la batería}} \quad \text{Ec.2.8}$$

$$\# \text{ baterias en paralelo} = \frac{320 \text{ Ah}}{85 \text{ Ah}} = 3.76$$

En lo que se puede identificar que se necesitarán 4 baterías.

En cambio sí se requiere el sistema con baterías en serie solo se debe tener en cuenta la tensión que trabaja el sistema y la tensión que puede ofrecer la batería como dato técnico, es así como se procede a su cálculo:

$$\# \text{ baterias en serie} = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 2$$

Al igual que baterías en paralelo, para un sistema en serie, se tiene la necesidad de colocar dos baterías para una autonomía de 2 días, con lo cual el sistema puede ser autónomo energéticamente por fallas de generación en los paneles.

2.4 Casa de la calidad para la implementación del sistema solar

Las clasificaciones están basadas en los porqué y de igual manera las correlaciones se pueden utilizar para calcular las prioridades de los cómo del proyecto.

A continuación en la Figura 21 se muestra la casa de la calidad establecida para el proyecto propuesto antes descrito.

Casa de Calidad

B= básico
O=unidimensional
E=estimulante

		Evaluación del Usuario																					
		A	B	C	D	E	F	G	H	I													
Voz del Ingeniero	Voz del Usuario	Importancia	Material de la estructura	Peso del sistema	Control automático	Potencia de la bomba	Caudal constante	Potencia energética	Tamaño de panel FV	Area de captación solar	Altura de bombeo	Resistente al medio ambiente	Resistente a la manipulación	Propia empresa	Competencia 1	Competencia 2	Objetivos	Indice de mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %	
		Resistente	E	9	9		9							9	9	3	1	2	4	1,33	1,2	4	6,4
Duradero	E	9	9		9							9		4	2	2	4	1	1,2	4	4,8	8,6	
Bajo costo	O		3	3	3	9	9	3	1	1	1	1	1	5	2	3	3	0,6	1,2	2	1,4	2,6	
Facil Operación	E			9	1	3	3	3	1					3	3	2	5	1,67	1,5	5	13	22	
Eficiente	O			9	3	9	9	1	1	9	3	3		4	4	2	5	1,25	1,5	5	9,4	17	
Estético	O	9	3	9		1	3	9	9		9	3		3	3	4	5	1,67	1,5	4	10	18	
Funcionamiento continuo	B				9	1		9	9	9	1			5	2	3	5	1	1,2	3	3,6	6,5	
Use enería alternativa	B			1		3					9	9		5	3	3	5	1	1,5	5	7,5	13	
																					56	100	
Propia empresa		4	2	4	3	4	3	3	4	4	2	2											
Competencia 1		2	2	3	2	4	3	3	3	3	3	3											
Competencia 2		2	3	2	3	3	3	3	2	4	2	2											
Incidencia		191	135	299	178	171	165	174	146	118	301	194	2071										
Incidencia en %		9,2	6,5	24	14	14	13	14	12	9,5	24	16	100										
Valor de referencia		34x600x50mm	Aluminio	Control distribuido	0.5 HP	0,5 litros por segundo	400 W	1 metros cuadrado	2 mmetros cuadrados	35 metros	Proteccion IP 65 y 67	Material Industrial											

Evaluación técnica
fuerte=9
medio=3
bajo=1

Factor de venta
fuerte=1,5
posible=1.2
ninguno=1

E=D/A
H=E*F*G

Figura 22 Casa de la calidad del sistema hídrico de energía alternativa.

2.5 Especificaciones técnicas

A partir de la información obtenida en la casa de la calidad procede a determinar las especificaciones técnicas, las mismas que se muestran a continuación.

Tabla 15

Especificaciones técnicas de la máquina

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO		Producto:	
SISTEMA HIDRICO ALTERNATIVO			
Concepto	Propone	Tipo	Descripción
Función	I	R	El sistema podrá funcionar con energía alternativa
	I	R	El sistema dispondrá de un control propio de bombeo.
	C+I	R	Dispondrá de un control amigable para el operario.
	I	R	El dispositivo poseerá una capacidad efectiva de bombeo.
Dimensiones	C+I	R	El área de instalación de los paneles no se verá irregular, con lo que las dimensiones serán las ideales.
Movimientos	I	R	La succión de la bomba es negativa y deberá impulsar.
Materiales	I	R	El sistema será construido con materiales resistentes a la corrosión.
Control	C+I	R	El control del sistema será automático.
Vida útil y mantenimiento	I	R	Se elaborará un manual de mantenimiento de las partes principales del sistema y su frecuencia de mantenimiento.
Seguridad y Ergonomía	I+C	R	Todos los sistemas poseerán las protecciones necesarias y la señalética apropiada.

2.6 Análisis funcional

El principal propósito del análisis funcional es el separar la acción que se puede efectuar de todo el componente mecánico o mecanismo, y de este modo encontrar nuevas soluciones, para ello es necesario tener en cuenta cuales son las funciones primarias y secundarias.

Las funciones principales son aquellas por lo que los usuarios compran el producto, mientras que las funciones secundarias son las que permiten que las funciones primarias se ejecuten satisfactoriamente.

Establecidas todas las funciones secundarias del sistema se procede a plantear soluciones idóneas para desempeñar estas funciones, y luego a seleccionar aquellas más convenientes. Estas funciones se pueden agrupar para así formar módulos que sean capaces de cumplir un conjunto de condiciones.

La descomposición funcional del producto se lleva a cabo mediante diagramas de flujo en el que cada bloque aparece una función que pueden tener tres tipos de entrada y salida: control, material y energía.

2.6.1 Desarrollo de los diagramas funcionales

A continuación se presentan los diagramas funcionales en la Figura 23:

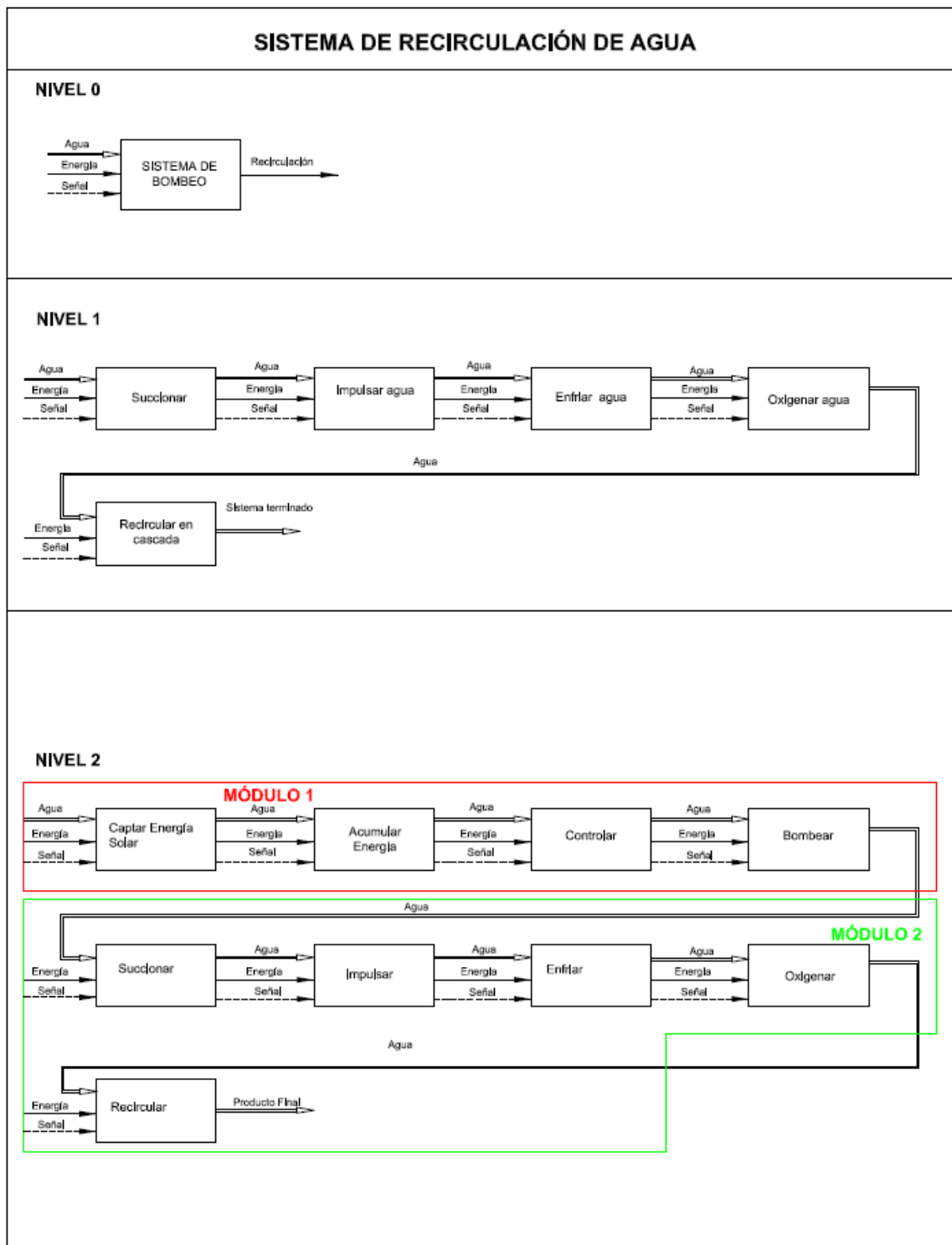


Figura 24 Diagrama funcionales de bombeo para recirculación.

2.6.2 Análisis de los diagramas funcionales

Para el presente proyecto se ha estimado desarrollar el diagrama funcional hasta el nivel 2.

En el nivel 1, se hace una presentación más precisa por lo que hay que separar la función global en subfunciones y/o subtareas a la vez, establecer las relaciones de flujo entre estas subfunciones.

En el nivel 2, aparecerán segregadas varias operaciones implícitas que en el nivel anterior no se especificaron pero que son fundamentales para el funcionamiento del conjunto de sistema hídrico de bombeo.

2.7 Definición y generación de módulos

Los productos modulares son aquellos que están organizados según una estructura de diversos bloques constructivos, orientada a ordenar e implementar las distintas funciones y a facilitar las operaciones de composición del producto. Los bloques constructivos se llaman módulos y su organización estructura modular (Riba i Romeva, 2002).

Se observa en el diagrama funcional del nivel 2 que se tienen dos funciones principales fácilmente identificables: generación de energía a través de celdas fotovoltaicas y bombeo para generar recirculación y oxigenación del agua.

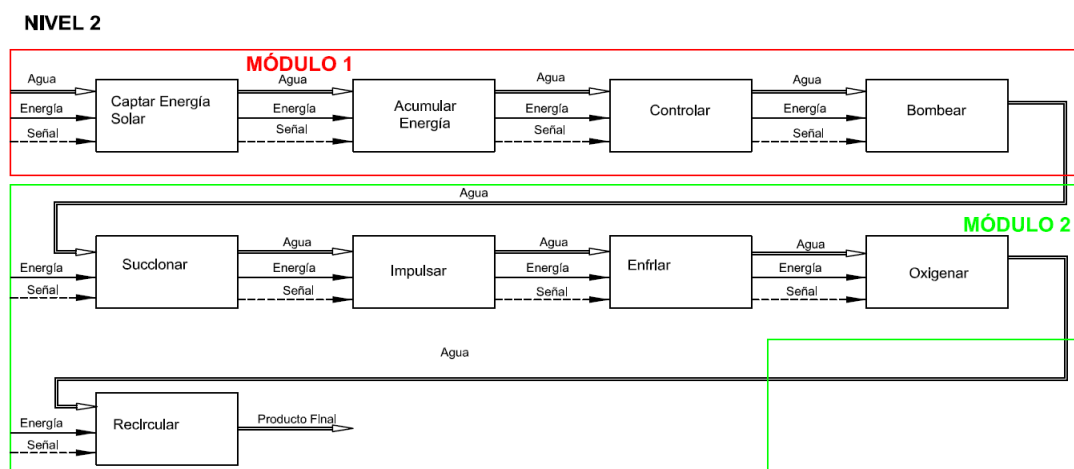


Figura 25 Módulos para el análisis funcional del bombeo

2.8 Generación de soluciones para cada módulo

2.8.1 Módulo 1

El módulo 1 debe cumplir con las siguientes funciones:

- Captación solar
- Acumulación de energía
- Distribución de energía

a Captación solar

Por solicitud del cliente el sistema debe funcionar con energía renovable alternativa, con lo que se escogió el sistema solar, para la captación se lo va a colocar paneles fotovoltaicos, los que captaran la energía solar y los transformara en energía eléctrica.

b Acumuladores de energía

Los acumuladores de energía son aquellos que permite guardar energía eléctrica, en este caso llamadas baterías, las cuales además de encerrar energía

eléctrica ofrece potencia de generación, la cual es de gran valor al tratarse de alimentar energéticamente un sistema de bombeo.

c Distribución de energía

Al distribuir se debe tener en consideración tres conexiones; las que llegan de los paneles FV, las que van a los acumuladores de energía y las conexiones que salen a la tarjeta de control.

d Alternativas de solución módulo 1

Tabla 16

Alternativas módulo 1.

Función	Componente
Captación Solar	 <p>Paneles Fotovoltaicos</p>
Acumuladores de energía	 <p>Banco de baterías</p>
Distribuidor de energía solar	 <p>Controlador Solar</p>

2.8.2 Módulo 2

El siguiente módulo debe cumplir con las funciones:

- Bomba a utilizar
- Succión
- Impulso
- Controlador
- Enfriamiento de las piscinas
- Oxigenación de las piscinas
- Recirculación de agua

a Bomba a utilizar

Al tratarse de energía a corriente continua generada por paneles FV, se recomendó la utilización de una bomba que funcione a CC, por lo que este tipo de bombas se las encuentra fuera del país.

b Succión

La bomba a utilizar en el siguiente proyecto será una bomba sumergible por lo que solo se necesita de tratar de colocar dentro de la piscina inmersa en agua y sujetarla que no se mueva.

c Impulso

Se opta por las opciones de bomba de tornillo helicoidal o bomba centrífuga.

d Controlador

El controlador es propio de la bomba a utilizar por lo que es un controlador integrado.

e Enfriamiento y oxigenación de las piscinas

El enfriamiento y oxigenación de las piscinas se los genera con la acción de golpe de agua en cascada.




f Recirculación

A la final en un sistema de recirculación por cascada la cual por efecto de gravedad regresa a su origen.

g Alternativas de solución módulo 2

Tabla 17

Alternativas módulo 2

Función	Componente
Bomba	 <p>Bomba alimentada con corriente continua</p>
Succión	 <p>Bomba a corriente continua sumergible.</p>
Impulso	 <p>Bomba de tornillo helicoidal</p>

CONTINÚA

Controlador



La imagen puede no corresponder con el producto

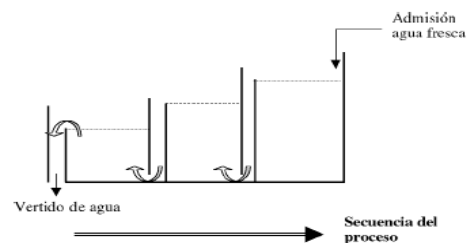
Controlador propio de la bomba.

Enfriamiento y
oxigenación de las
piscinas.



Por golpe de agua

Recirculación de agua



Proceso de recirculación en cascada.

2.9 Selección de la mejor alternativa

2.9.1 Evaluación del módulo 1

Para el módulo 1, las soluciones se aplican de la mejor manera al seleccionar energía solar como fuente principal de alimentación energética, debido a que esta

opción cumple con el requerimiento del cliente y se las encuentra en el mercado del país.

2.9.2 Evaluación del módulo 2

Al analizar el módulo 2 de criterios ponderados que se observan en la Figura 14; se llegó a una solución en la cual engloba todas las características que se requiere en el sistema y que fueron sugerencias propias del cliente, así se soluciona el problema planteado.

2.10 Diseño mecánico

Como parámetros de diseño se tomarán las siguientes premisas:

- El sistema de energía solicitado debe ser de fácil uso ante un usuario nuevo, el cual debe entender cómo ponerlo en marcha sin necesidad de pérdida de tiempo.
- Todo el funcionamiento debe ser monitoreado las 24 horas del día.
- Al implementar paneles FV debe realizarse una estructura estática donde se monten los paneles tratando de que se encuentren en una zona libre de sombra.
- La bomba del sistema a implementar será sumergible ya que el tanque reserva se encuentra en la parte baja del sistema.
- Tuberías a utilizar en el sistema se denominan HIDRO 3, es tubería de unión por fusión, especialmente para conectar sistemas de riego, con este material se logra evitar fugas de líquido.
- La colocación de los sensores, no se verá afectada en nada con la de los paneles; la caja de control del sistema se incorporará e instalara a la vivienda adjunta.

2.10.1 Materiales principales y sus características

La estructura estática donde se montarán los paneles FV está conformada de material estructural que es el ASTM A-36, este constituye los tubos cuadrados, platinas, que conforman una sola estructura del sistema.

La finalidad es que el sistema sea resistente, y de manera específica sea un acero comercial que se lo pueda adquirir de manera inmediata.

Toda la tubería será en HIDRO 3 ya que es de fácil adquisición y montaje para un cierre hermético de la recirculación.

2.10.2 Propiedades del material

a Acero ASTM A-36

Es un tipo de acero bajo en carbono y que usualmente forman parte de soportes cubiertas debido a sus propiedades físicas, siendo un material comercialmente disponible. Se puede encontrar este tipo de acero en perfiles, ángulos, láminas entre otros a bajo costo. Las propiedades de este material se detallan en el Anexo A-3 extraído del Libro de Diseño de Elementos de Maquinas. (Mott, 2006).

b Tubería HIDRO 3

HIDRO 3 es un sistema sintético inalterable, especialmente desarrollado para conducir agua y otros fluidos, a temperaturas y presiones elevadas, sin corrosión y en condiciones de máxima seguridad, higiene, economía y prolonga la vida útil. (Industrias Saladillo S.A., 2013)

2.11 Selección y justificación de materiales

a Selección del sistema de recirculación.

Para el sistema de recirculación, la oxigenación en las piscinas se denomina aireadores de gravedad, lo que consiste que agua golpe con una altura relativa elevada, para que exista oxigenación en el agua. El que se utiliza en el proyecto

vertedero simple con espumante, ya que el golpe es en caída libre como se muestra en la Figura 26, con un caudal máximo de 1 litro por segundo, este se considera el primer dato importante para los cálculos y selección de bomba.

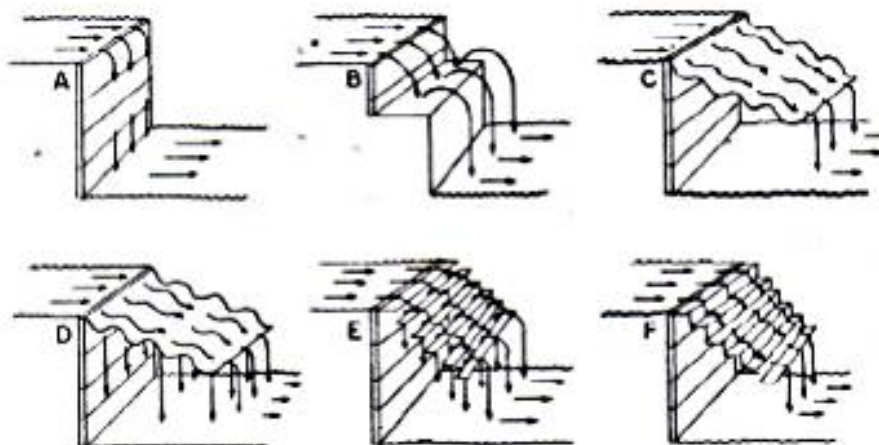


Figura 27 Diferentes tipos de aireadores de cascada.

Fuente: (Lawson , 1995)

A través de la Figura 28 se define las alturas a la cual el sistema debe vencer fuerzas de gravedad, con lo que se determinó que la altura de elevación de agua será de 30 m. a una pendiente de 75 grados aproximadamente.

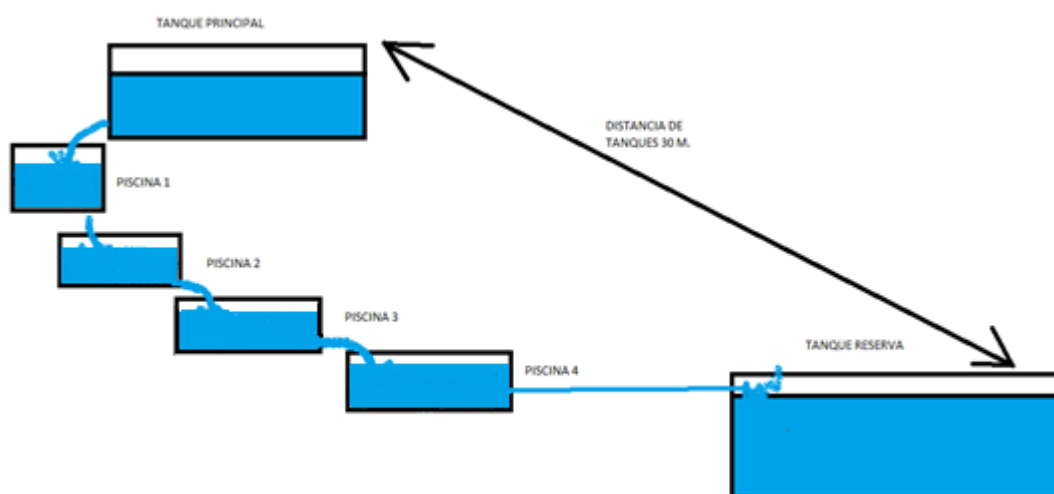


Figura 29 Sistema de recirculación de agua.

Determinadas algunas constantes del sistema se procede a cálculos del sistema de recirculación de agua.

Para cálculo de flujo de agua, y pérdidas en el sistema, se utiliza la fórmula del teorema de Bernoulli para cinemática de fluidos, la cual en síntesis permite saber la cantidad de energía necesaria para elevar un líquido o fluido, cuando existen diferencias de alturas.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec.2.9}$$

Donde:

$$\frac{P}{\gamma} = \text{Carga presión}$$

$$Z = \text{Carga elevación}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Carga velocidad}$$

$$h_A = \text{Energía de la bomba}$$

$$h_L = \text{Pérdida fricción del fluido}$$

$$h_R = \text{Energía que se remueve}$$

Los tanques tanto principal, como reserva están abiertos, es decir expuestos al ambiente sin carga de presión, por lo tanto:

$$\frac{P_1}{\gamma} \wedge \frac{P_2}{\gamma} = 0$$

En el sistema no se encuentran dispositivos mecánicos, por lo tanto:

$$h_R = 0$$

En la posición de reserva de agua, parte baja el agua se encuentra en reposo, no hay velocidad del fluido, por lo tanto:

$$\frac{v_1^2}{2g} = 0$$

A continuación se despeja de la Ecuación 2.1 h_A que es la energía de la bomba, con lo cual se sabrá cuanta energía es requerida para poder impulsar dicho caudal a 30 m.

$$h_A = \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_L$$

Se dispone a calcular cada una de los elementos mencionados en la anterior ecuación por lo que se comienza con:

$$Q = A \times v \quad \text{Ec.2.10}$$

Donde:

$v = \text{velocidad del liquido}$

$A = \text{area de la tubería}$

$Q = \text{caudal que requiere el sistema}$

Despejando la velocidad se obtiene:

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

El caudal es un dato del sistema entregado al inicio, y es el que va a justificar el proyecto, por consiguiente se calcula el área de la tubería a utilizar en la recirculación de agua.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde D es el diámetro de la tubería, se utiliza de dimensiones 1 ¼" pulgadas.

$$A = \frac{\pi(0.35)^2}{4}$$

$$A = 7.92 \text{ cm}^2$$

El cálculo de la velocidad se define como:

$$v = \frac{500 \text{ cm}^3}{7.92 \text{ cm}^2 \text{ s}}$$

$$v = 63.13 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \approx 0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La carga en velocidad es:

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{(0.63)^2 \text{ m}^2 \text{ s}^2}{2 \times 9.81 \text{ m s}^2}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = 0.020229 \text{ m}$$

La variación de alturas se puede describir como:

$$\Delta Z = \text{variacion de alturas} \approx Z_2 - Z_1$$

$$\Delta Z = 30 \text{ m}$$

Al final la energía que requiere la bomba es:

$$h_A = \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_L$$

$$h_A = 0.020229 \text{ m} + 30 + 2$$

$$h_A = 32 \frac{\text{Nm}}{\text{N}}$$

La bomba suministra $32Nm$ de energía a cada N de agua que fluye a través de ella.

Para calcular la potencia de la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_A = h_A \gamma Q \quad \text{Ec.2.11}$$

Donde:

$$\gamma = \text{constante del agua a } 4^\circ C$$

$$P_A = 32 \frac{Nm}{N} \times 10000 \frac{N}{m^3} \times (5 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s}$$

$$P_A = 160 \frac{Nm}{s} \approx 160 \approx 0.21HP$$

b Selección de la bomba

Al analizar los resultados obtenidos, se concluyó en realizar la adquisición de una bomba helicoidal con controlador a corriente continua, ya que el controlador posee un inversor interno el cual suministra energía alterna a la bomba.

Se realizó la compra de una bomba sumergible marca LORENTZ, las especificaciones técnicas se pueden observar en los ANEXOS, las características son de 300 W de potencia la cual está sobredimensionada a la potencia requerida calculada anteriormente, con un impulso de 40 metros en vertical.

Según características de fabricación, al ingresar 300 W de potencia, su nivel de caudal máximo será de $0.8 m^3/h$ y la altura máxima es de 50 metros.

Además la bomba cuenta con su propio controlador el cual maneja un máximo de 300 W, a máximo 100 V dc.



Figura 30 Bomba de corriente continua.

Fuente: (BERNT LORENTZ GmbH & Co., 2014)

c Selección del sistema energético con paneles fotovoltaicos

Anteriormente analizado la opción de energía solar aplicando celdas FV, es la opción a convenir, con la idea del usuario, se analizó, las siguientes características de los paneles FV.

El panel a seleccionar es de 150 W como potencia pico en la máxima radiación solar en captación, trabaja en un rango de -21 a 32 grados centígrados, una fiabilidad de 20 años. Ver Anexo A.

En los anexos próximos se puede observar especificaciones técnicas más detalladas, como voltaje, potencia, etc.

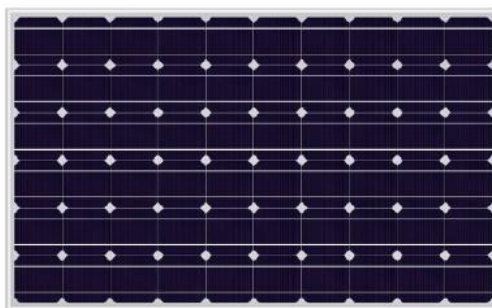


Figura 31 Panel fotovoltaico.

Fuente: (Simax Green New Energy GmbH, 2015)

d Selección de las baterías

De acuerdo a selección de baterías, estas se instalarán para un rendimiento de 3 horas cuando el sol se esconda, para tener algo de autonomía por la noche.

El número de baterías a incorporar son de dos en serie, teniendo 24 voltios a 85 amperios hora, para mayor información revisar la base en anexos.



Figura 32 Batería UCG.

Fuente: (Ultracell, 2015)

e Selección de controlador de voltaje

Para poder controlar el voltaje de entrada, de salida, y el de carga se necesita un instrumento que permita no tener picos de corriente; es decir poder limitar posibles fallos por sobrecarga en el sistema.

De acuerdo especificaciones anteriores se obtuvo un controlador de voltaje de máximo 24 voltios, el cual se aproxima a la carga directa de las baterías; para información extra de datos técnicos consultar con los anexos.

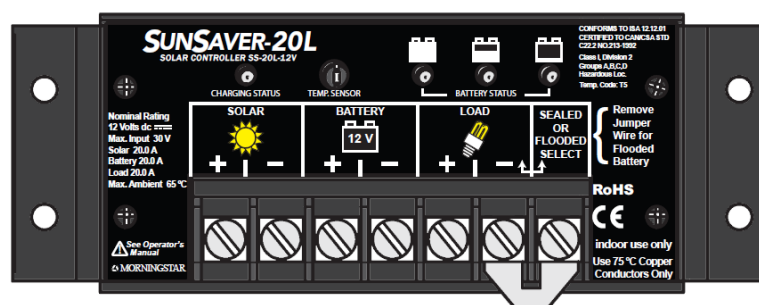


Figura 33 Controlador de voltaje.

Fuente: (MORNINGSTAR, 2011)

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se detalla la construcción e implementación de los sistemas mecánicos, de control y HMI que han sido seleccionados y diseñados en el capítulo anterior, dando solución al usuario en busca de un proceso óptimo de recirculación de agua.

3.1 Construcción mecánica

El soporte del sistema está constituido por piezas mecánicas, que cumplen con un funcionamiento específico. Estos elementos componen tanto la estructura de sujeción para los paneles F.V. como la de fijación en inmersión de la bomba; y se construyen de forma separada hasta ensamblar un solo conjunto, estructurado de la siguiente manera:

3.1.1 Soporte estructural

La estructura principal del sistema sujeta de forma adecuada las celdas fotovoltaicas, además soporta la instalación los armarios tanto de control como de potencia, al igual que el controlador de la bomba; anexando de similar manera un armario donde estará adecuada la pantalla touch HMI y el controlador lógico programable.

El mencionado soporte estará constituido por tubos, platinas y ángulos, todos estos de acero comercial, los cuales se adquiere en diversos puntos de venta; como se muestra en la Figura 34:

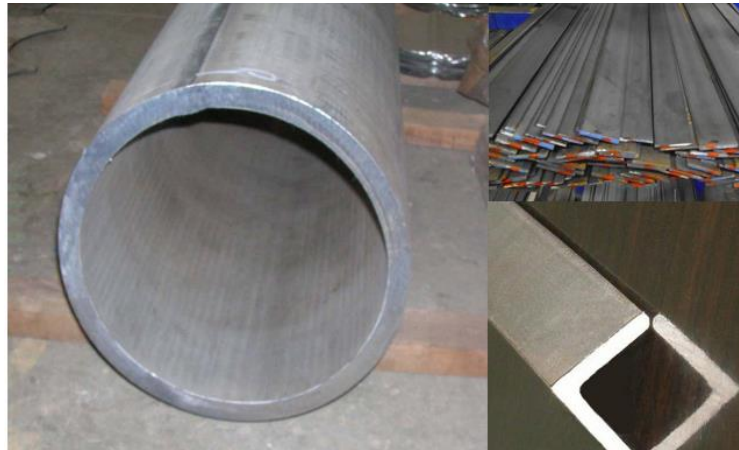


Figura 35 Elementos principales del soporte estructural.

Una vez adquirido el material necesario, con componentes para realizar soldadura se procede a realizar la base del soporte, esta debe ser construida de tal manera que pueda ser enterrada, de esta manera se construyó con 4 patas ancladas al tubo principal tratando de que su firmeza sea de manera rígida.

Al terminar la soldadura, debe ser limpiada la escoria generada y aplicar pintura anticorrosiva, ya que se la enterrara en la tierra; de esta manera se asegura la resistencia a corrosión que puede ocasionar los minerales del suelo, al igual que el agua lluvia.

La Figura 36 muestra en definitiva la apariencia el trabajo terminado de la base estructural, el cual está listo para ser enterrado.



Figura 37 Base terminada de la estructura.

La sujeción de los paneles fotovoltaicos también está compuesta por acero, pero construida con perfiles de $\frac{1}{2}$ pulgada, además esta tiene un grado de inclinación que de acuerdo a la OMM (Organización Mundial de Meteorología), define que será la inclinación de $\pm 10^\circ$ -latitud; obteniendo una inclinación de 9.1° grados; esto se debe por coordenadas geográficas y sobre todo dirección del sol, ya que la latitud obtenida por GPS es de 1.09° negativos al sol, así se obtiene el máximo de radiación solar directa hacia dichos componentes.

De forma similar se limpia y se pinta para su mejor preservación contra el medio ambiente, al igual para tener una buena presentación y acabado.



Figura 38 Base de paneles fotovoltaicos.

La Figura 39 muestra una breve inspección de la base terminada y un proceso de medición de los paneles solares para su adecuación posterior.



Figura 40 Base de paneles fotovoltaicos terminada.

A continuación se procede a ensamblar las cajas de potencia, control y monitoreo, para su próxima ubicación en el soporte estructural.

Como principal caja térmica, fue necesario adecuar la de potencia, esta se da lugar a ubicar las baterías seleccionadas en el capítulo anterior, las cuales deben ser conectadas en serie con su respectiva ubicación y cableado individual hacia el controlador de energía como se muestra en la Figura 41.

Al terminar la instalación, se identifica cada cable con su respectiva marquilla para reconocerlos en el plano eléctrico realizado, y así cumpliendo normas de seguridad eléctrica; esto se puede corroborar en la Figura 42.



Figura 43 Ubicación del sistema de potencia.

Terminado la sección de potencia, se recurre a instalar la parte de control, la cual cuenta con el controlador propio de la bomba de marca Lorentz.



Figura 44 Conexiones del sistema de potencia.

Se coloca el controlador de la bomba sujeta por tornillos y que quede firme, además se adecuan dos interruptores de circuito, cada uno cumple una función específica, obteniendo un resultado como se muestra en la Figura 45.



Figura 46 Instalación del sistema de control.

De conocimiento técnico el sistema de bomba y controlador trabaja de dos maneras diferentes, la cual es con energía directa de los paneles fotovoltaicos o a través de acumuladores de energía como son las baterías; como es de corriente continua, no se implementó inversores de voltaje, por lo tanto se le instaló directo.

De acuerdo al manual técnico se debe hacer puente tanto el puerto 6 y 7 del controlador para que de esta manera funcione con acumuladores de energía (baterías), vea ANEXOS C; a continuación se muestra en la Figura 47, la distribución de pines antes descritos.

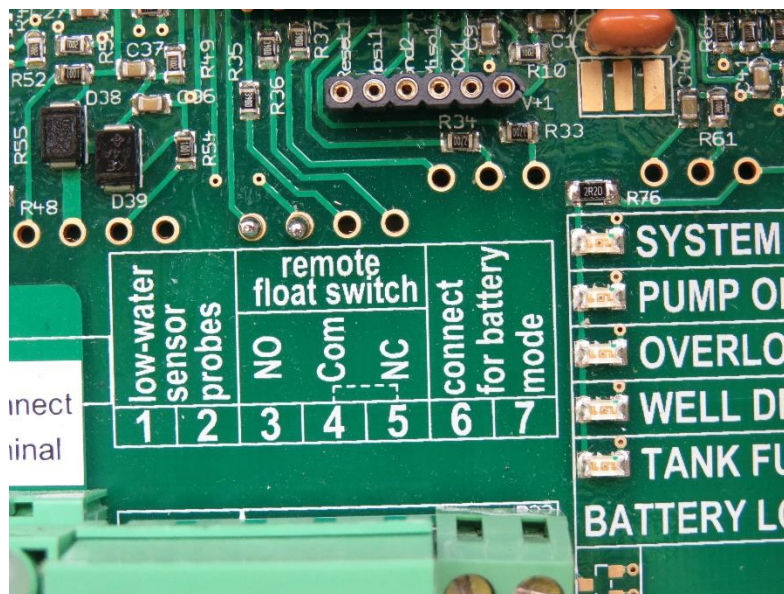


Figura 48 Distribución de pines del controlador PS 200.

De acuerdo a necesidades técnicas del equipo se adecuaron seccionadores al controlador, de los cuales el azul; al accionarle funciona con energía directa de los paneles solares.

El interruptor de color rojo su principal función es generar un puente entre la entrada número 6 y 7, de esta manera el sistema funcione con energía acumulada en las baterías durante el día y la noche.

En la Figura 49 se distingue con mayor claridad como la distribución de accionamiento se implementó, de esta manera se obtiene la solución para trabajar de las maneras descritas por el manual de usuario.



Figura 50 Interruptores de circuito modo directo y modo acumulación.

Para la construcción del sistema de monitoreo, se utiliza accesorios de marca SIEMENS; como son, pantalla touch y un PLC S7-1200, los cuales cuentan con conexión Ethernet; estas ayudan a una interacción de datos a mayor velocidad, sin complicación de protocolos de conexión.

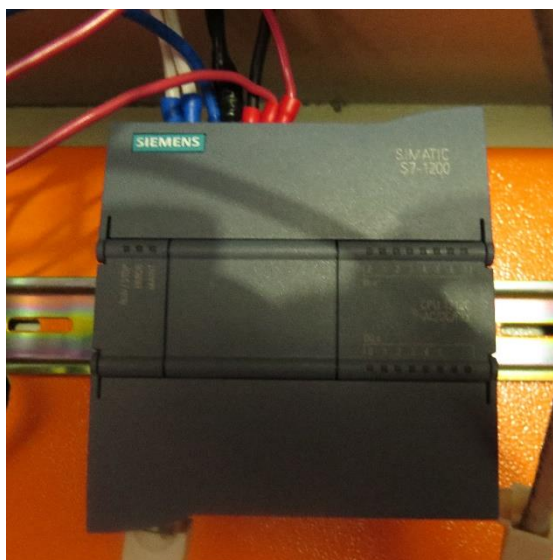


Figura 51 Implementación del sistema de monitoreo.

Finalmente se efectuó modificaciones en el soporte principal para poder colocar las cajas de control, potencia y monitoreo; el cual se lo realizo de la siguiente manera, Figura 52.



Figura 53 Soporte para colocación de cajas de control, potencia y monitoreo.

3.1.2 Implementación y ensamblaje mecánico.

Se coloca y aseguran los paneles fotovoltaicos al soporte construido, esta operación se ilustra en la Figura 54.



Figura 55 Sujeción de paneles fotovoltaicos.

Una vez hecha la sujeción asegurando todo el sistema mecánico, se procede en concretar las celdas F.V. en serie, de forma que se puede sumar el voltaje.



Figura 56 Conexión en serie de paneles fotovoltaicos.

Las cajas de control, potencia y monitoreo se instalan antes de poder asegurar el soporte principal, los cuales estarán a una altura deseada por el usuario, para una iteración con el sistema; el resultado final se OBSERVA en la Figura 57.



Figura 58 Colocación de cajas de control, potencia y monitoreo.

Una vez se tiene los componentes energéticos colocados y sujetos se procede a cavar un agujero donde posteriormente se le entierra con cemento obteniendo la sujeción total del soporte.



Figura 59 Realización del agujero y colocación del soporte estructural principal.



Figura 60 Colocación de concreto en el agujero realizado.



Figura 61 Aseguramiento final del soporte estructural.

3.2 Construcción de jaula para protección de bomba

Una vez terminado el ensamblaje mecánico del soporte estructural, se procede a la construcción de una jaula que proteja la bomba; ya que esta es sumergible, se la debe asegurar que quede totalmente vertical y de la misma manera para que ninguna impureza pueda succionar y dañar el tornillo helicoidal.

Al tener una bomba sumergible, se debe tener en cuenta la corrosión que puede generar cuando el soporte sea instalado en la piscina; por lo que se recurre a la construcción de la jaula en aluminio, teniendo como primer boceto la ilustración que se muestra en la Figura 62.

Se lo diseño de forma rectangular, para adecuarla en las aristas de la piscina siendo fija en las paredes.

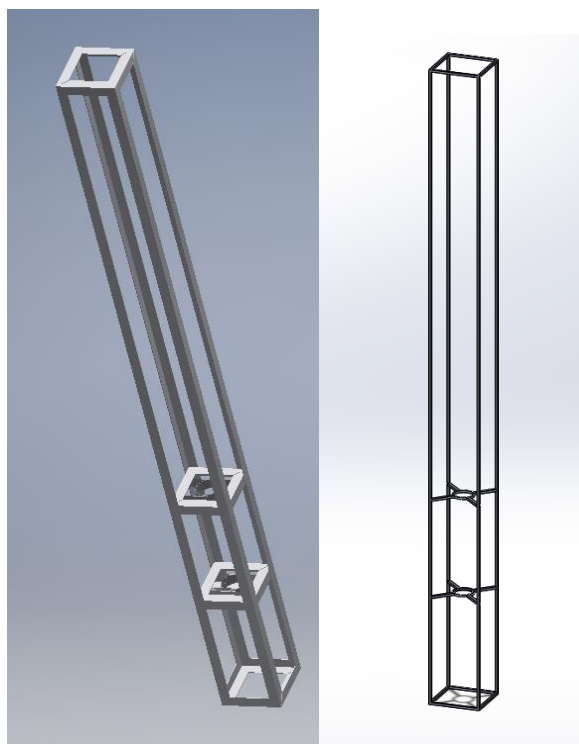


Figura 63 Boceto de la jaula de protección de la bomba sumergible.

Como primeros pasos de la construcción, se llevó a cabo la soldadura, y limpieza de impurezas de la estructura principal como se observa en la Figura 64.

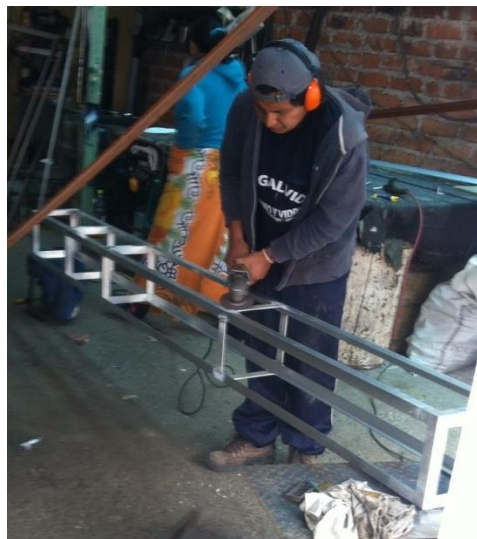


Figura 65 Construcción estructural de la jaula para la bomba.

Una vez terminada la soldadura y limpieza de juntas, se procede a la instalación de la malla anticorrosiva; la cual se aseguró y sujetó con perfiles de aluminio.

En la Figura 66 se observa una perspectiva real terminada de la barrera de protección construida.



Figura 67 Estructura de la jaula terminada para la bomba.

3.2.1 Implementación e inmersión de la bomba.

Con la construcción de la jaula, se vio la necesidad de implementar una estructura metálica, llamada brazo estático; la cual ayuda a sostener la jaula en forma vertical y esta no logre moverse en ninguna dirección.

Como se observa en la Figura 68, la utilización es sobre una base de cemento y soldada a los pilares de la piscina.



Figura 69 Brazo de sujeción para forma vertical.

Continuando con la instalación de la bomba, antes de poder asegurarla en la jaula se procede a conectar la manguera principal de 1 ¼ de pulgada; con su respectivo conector de plástico que vino incluido en la bomba.

Para la instauración del sistema de manguera hacia la bomba se utilizó teflón y permatex contra agua, para la sumersión; y se da tiempo de secado para que no afecte el líquido en las juntas.



Figura 70 Montaje de juntas del sistema de bombeo.



Figura 71 Aseguramiento del conector de manguera en la bomba.

Al siguiente paso se asegura la bomba en la jaula, en la cual cuenta con 4 prisioneros mecánicos de tornillo ubicados en forma de cruz, con este sistema se logra que la bomba no se mueva en ningún lado; tanto en puntos cardinales como de arriba hacia abajo.

Como se muestra en la Figura 72; la sujeción se REALIZÓ con pernos inoxidables.



Figura 73 Sujeción de la bomba en la jaula.

Por último se comienza con el empalme de cables de potencia de la bomba y su conexión a tierra; para dicha acción se la realizó con cinta aislante de plástico conocida como taípe y luego se hermetizó con cinta aislante de caucho para que no ingrese humedad y no produzca ningún cortocircuito.

De conocimiento técnico la bomba cuenta con tres líneas de alimentación y una de tierra las cuales se ven en la Figura 74.

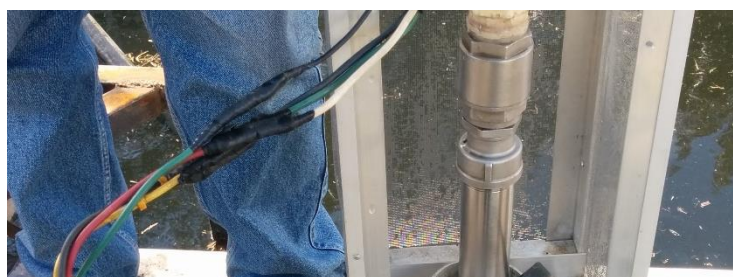


Figura 75 Conexión e impermeabilización de los cables de poder de la bomba.

3.3 Ensamblaje y conexiones de componentes electrónicos.

Para seguridad del sistema se instaló sensores de boya, los cuales cumplen dos funciones que son:

- Piscina llena
- Piscina vacía

Dichos actuadores son de plástico y su función es saber el nivel actual de la piscina, el solo funcionar como un actuador indica su posición en alto o en bajo, recibiendo así el controlador una señal para su configuración; la Figura 76 muestra la configuración básica, que se da por una pesa para delimitar el nivel de agua y la boya que es la principal fuente de flotación y censo del agua.



Figura 77 Componentes principales del sensor de boya.

En los estados del sensor para saber si la piscina superior se encuentra en estado normalmente cerrado, su señal primordial indica el nivel del agua, y así el sistema de bombeo este activo.

Por otra parte, la disposición de inicio del sensor de la piscina de reserva está compuesta en normalmente abierto, ya que en cambio, esta indica que siempre

debe existir agua, para que el proyecto funcione, porque una bomba no puede funcionar sin líquido a impulsar.

Como se puede ver en ilustraciones siguientes Figura 78 y Figura 79, se determina los puertos de conexiones para los sensores de nivel alto y nivel bajo de líquido, y posteriormente se observa la luz indicadora tank full; que significa piscina sobrecargada en su nivel, mientras que well dry determina piscina seca o vacía.

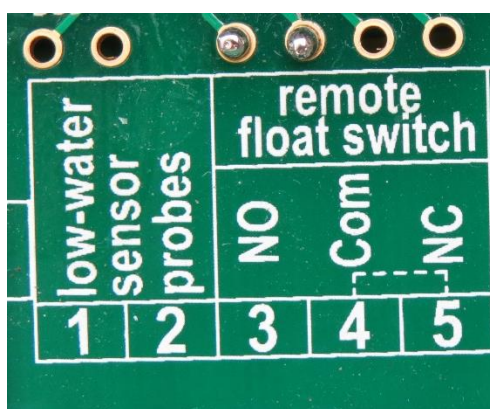


Figura 80 Puertos de conexiones para sensores.



Figura 81 Luces indicadoras del estado de los sensores.

3.3.1 Conexiones de potencia y eléctrica.

Las conexiones principales del sistema de potencia son las de generación de electricidad mediante los paneles fotovoltaicos, los acumuladores de baterías y el del controlador de la bomba.

Para poder tener un estado regulado de voltaje, se incorpora un controlador de voltaje donde distribuye de forma eficiente el voltaje de llegada de las celdas F.V. hacia las baterías y de emisión al controlador.

La Figura 82 deja observar las conexiones principales antes mencionadas, en cuanto a su funcionamiento cuenta con leds de indicación de estado de baterías verde baterías cargadas; amarillo baterías a media carga; rojo baterías descargadas.

Además cuenta con una luz indicadora de voltaje de celdas, esta demuestra que se recibe voltaje de las celdas caso contrario no carga las baterías.

Finalmente cuenta con dos puertos de conexión la cual emite voltaje eficiente para el controlador de la bomba.



Figura 83 Conexiones al controlador de voltaje.

El voltaje corregido y eficiente que se obtiene del distribuidor de energía, este se puede conectar y a la vez distribuir en el controlador de la bomba, es donde deben llegar dos tipos de voltaje; el primero debe ser de las baterías y el segundo debe ser de las celdas fotovoltaicas.

El voltaje máximo permitido en el controlador es de 100 V a C.C. como se observa en la Figura 84 se debe conectar con polaridad, y tener cuidado con la carga máxima admisible.



Figura 85 Puertos de voltaje principal.

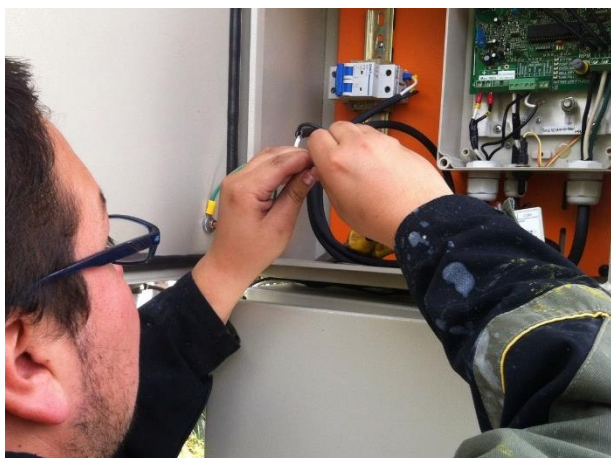


Figura 86 Conexiones realizadas en el controlador.

Como última conexión de potencia, es la bomba donde se debe ingresar las tres fases o líneas de potencia, en los puertos designados para ello; la Figura 87 muestra su interfaz final, donde se indica el controlador de rpm de la bomba.

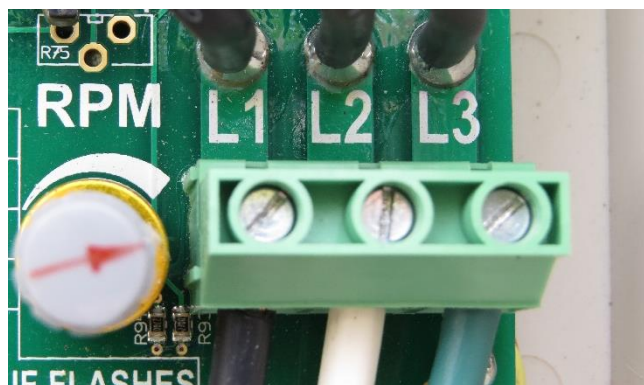


Figura 88 Conexiones de línea de la bomba.

Realizada todas las conexiones, tanto mecánicas como electrónicas y de potencia el resultado se les puede describir en la siguiente secuencia de imágenes:

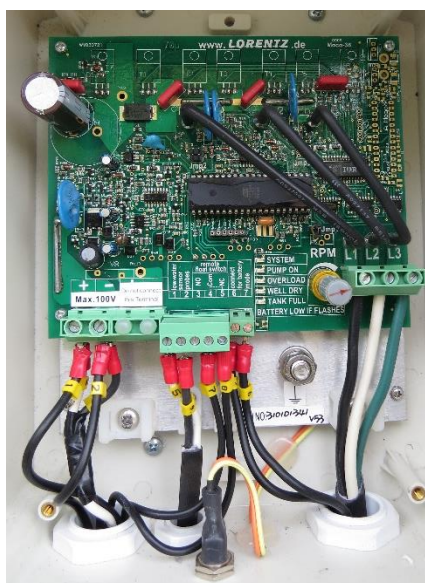


Figura 89 Conexiones terminadas realizadas en el controlador.



Figura 90 Distribución final de controladores.

Para que se pueda observar el aspecto final del proyecto en las ilustraciones continuas se visualiza su trabajo en ejecución.



Figura 91 Funcionamiento del proyecto.

3.4 Desarrollo del sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo rige en la visualización del estado de los sensores, es decir, saber su comportamiento en tiempo real del alcance de respuesta que tiene el proyecto de acuerdo a la programación que se desarrolle.

Es necesario recurrir a la programación y el desarrollo de una interfaz HMI, con un programa realizado en un PLC, para control del sistema de recirculación.

3.4.1 Desarrollo de la interfaz HMI para monitoreo

Para contar con un control en lazo cerrado, se crea una interfaz para que se pueda observar mediante una pantalla Touch, con el objetivo de identificar la señal que proporcionan los sensores. Para lo que se recurre al entorno virtual TIA portal de SIEMENS, mismo que integra WIN CC y permite de una manera gráfica desarrollar los entornos HMI para automatización industrial.

Para crear la aplicación se trabaja en un computador instalando el programa TIA PORTAL, en el cual se debe registrar de manera virtual el producto adquirido con su serie y ponerlos en línea, en este caso la pantalla Touch es propia de la marca siemens, se trabaja como un lienzo en blanco, dibujando y editando bloques para su posterior comportamiento.

a WIN CC en TIA PORTAL

Usando el programa integrado en uno solo, se procede en seleccionar la pantalla de trabajo de la Touch; se realiza todo un diagramado de bloques, definiendo una pantalla de inicio principal como se muestra en la Figura 92.

Se define como pantalla de iniciación donde existen botones de selección para poder elegir que se desea hacer, con un título del proyecto a realizarse como información general.



Figura 93 Pantalla principal del HMI.

En el bloque botón de “MONITOREO DE PROCESO”, se puede ingresar a visualizar el desarrollo del proyecto, en el cual se despliega una ventana emergente con información y representación a tiempo real del procedimiento realizado, como se muestra en la Figura 94.



Figura 95 Ventana emergente de monitoreo del proceso.

El botón componentes, que se encuentra en la pantalla principal como en la subpantalla, describe en pantalla emergente una descripción de los componentes utilizados en el sistema, a continuación se despliega una secuencia de fotos, donde se asegura lo descrito.

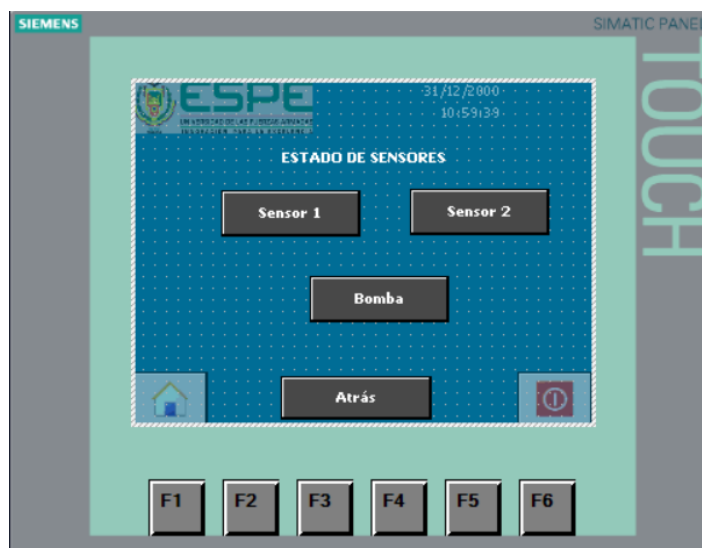


Figura 96 Ventana principal de componentes.



Figura 97 Ventana de información de sensor 1.



Figura 98 Ventana de información de sensor 2.



Figura 99 Ventana de información de la bomba PS200HR.

Además cuenta la pantalla principal con un botón “INFORMACIÓN”, el cual muestra detalle de los integrantes del proyecto, así mismo como la carrera que realizó el diseño descrito, como se ve en la Figura 100.



Figura 101 Información general de los integrantes del proyecto.

3.4.2 Desarrollo de la programación para el PLC S7-1200

El desarrollo se EFECTUÓ en el software STEP de SIEMENS, pero está incorporado en el TIA PORTAL, que bajo programación LEADER permite configurar las señales de entrada y salida necesarias para monitoreo del proceso, donde en la interfaz se encuentra representada por luces indicadoras, para así saber el estado del sensor y la bomba.

El esquema general de la programación se muestra en la Figura 102 en el cual primeramente se definen las librerías, las cuales son los seriales del PLC y el TOUCHPANEL, que incluyen al programa el conjunto de entradas y salidas disponibles que simplifican las programación y designación de las mismas.

Posteriormente se define cada uno de los componentes electrónicos con nombres en bobinas para reconocerles a lo largo de la ejecución, así como las variables que intervendrán al momento de adoptar un valor o un estado.

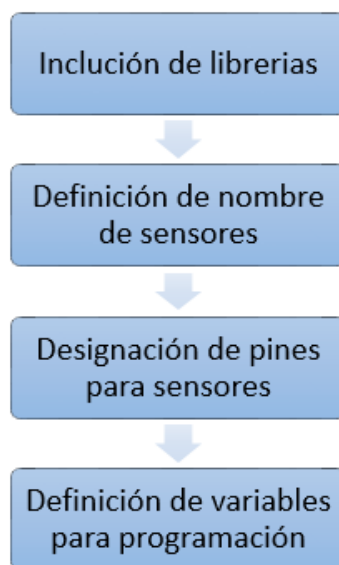


Figura 103 Inicialización para programación LEADER.

El procedimiento realizado es un bucle cerrado, en el cual la información en señal llega al PLC transformando en acción, la programación de monitoreo no es compleja de realizar, lo que a continuación se detalla en la Figura 104 y Figura 105.

En las figuras se describe, la realización en el programa TIA PORTAL; al solo utilizar como iteración de señales para el monitoreo respectivo, no fue necesario utilizar funciones especiales, solo entradas de señal a 24 V y salidas de relé.

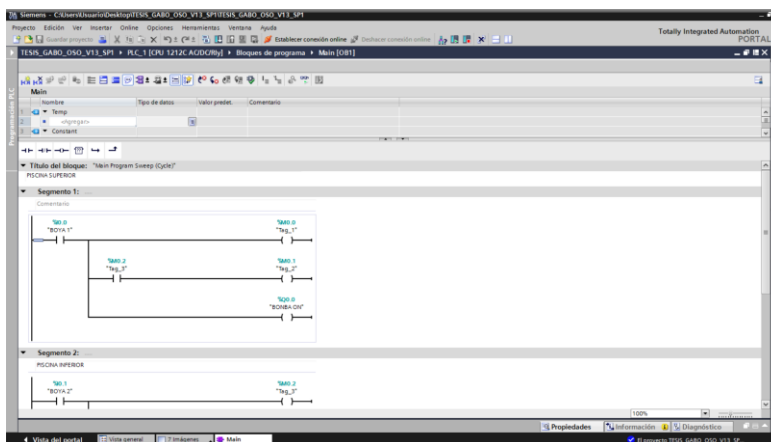


Figura 106 Programación LEADER.

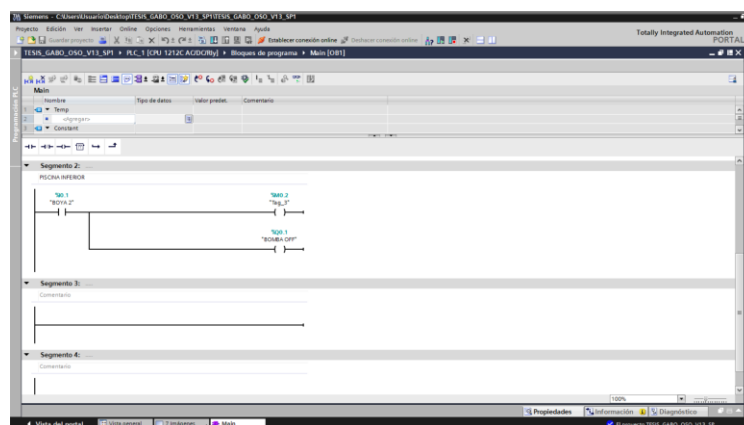


Figura 107 Programación LEADER.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas experimentales del funcionamiento del sistema.

4.1.1 Pruebas de celdas fotovoltaicas.

Para comprobar el funcionamiento de los paneles solares si es correcta, se realizó los siguientes pasos:

Se procede a obtener los datos emitidos por el INAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), de los cuales para el estudio se ha tomado los datos de 8 meses que corresponden desde el mes de mayo al mes de noviembre del 2014, es así que se puede obtener el potencial solar realizado en el capítulo de selección de los componentes del sistema.

Se procede a conectar en serie a los paneles como se muestra en las figuras de instalación, para poder obtener los voltajes mediante la captación de los paneles solares.



Figura 108 Conexión de celdas fotovoltaicas.

RESULTADO:

Después de haber realizado las conexiones correspondientes a los paneles solares, se tiene como resultado que los paneles que en circuito abierto se tiene un voltaje máximo de 45V y un voltaje mínimo de 22V es así que el voltaje obtenido es lo suficiente para poder aplicar al controlador de la bomba para poder hacer funcionar la bomba.

4.1.2 Análisis del controlador de La bomba

Para la validación del controlador de la bomba se realizó los siguientes pasos.

Se procede alimentar al controlador mediante el uso de dos interruptores ya que con él un interruptor se alimenta en circuito abierto es decir directamente de los paneles solares y con el interruptor número dos se le alimenta del banco de baterías.

Una vez alimentado el controlador se procede a conectar los sensores a utilizar para monitorear el funcionamiento del sistema.

RESULTADO:

Después de haber realizado todas las conexiones necesarias, se tiene como resultado que al encender el controlador se comprueba el correcto funcionamiento de este y a su vez se verifica los voltajes de alimentación de la bomba.

4.1.3 Pruebas de la bomba

Para realizar esta prueba se conecta las líneas de alimentación de la bomba con las que cuenta el controlador, de ahí se procede a colocar la bomba en un balde con agua para no poder ejecutar la prueba de encendido en vacío y a su vez comprobar el sentido de giro que posee la bomba.

RESULTADO:

Después de haber realizado todas las conexiones necesarias, se tiene como resultado que al encender la bomba se verifica que la bomba absorbe, es decir que la bomba está conectada de forma correcta, si en el momento de encender la bomba no se produce succión se debe proceder a cambiar dos líneas de alimentación para poder cambiar el sentido de giro y que funcione de manera correcta.

4.1.4 Pruebas de caudales

Para poder realizar dicha prueba se procede a suministrar al controlador de la bomba diferentes voltajes de entradas para verificar el caudal con el que llega a la piscina superior los cuales se los indican en la Tabla 18 en la que se especifica los voltajes ingresados y el caudal que se obtiene.

Tabla 19**Equivalencias voltaje - caudal**

Voltaje (Vcc)	Caudal (L/min)
24	6
36	9
48	10
60	13

RESULTADO:

Después de haber realizado las pruebas necesarias para poder obtener el caudal a diferentes voltajes se determina que el sistema se mantendrá en funcionamiento la mayor parte de tiempo recirculando el agua es decir que en el

tanque superior siempre esta con agua para poder realizar la recirculación de agua por todas las instalaciones del sistema.

4.2 Pruebas generales de monitoreo

La presentación final del monitoreo es la siguiente:

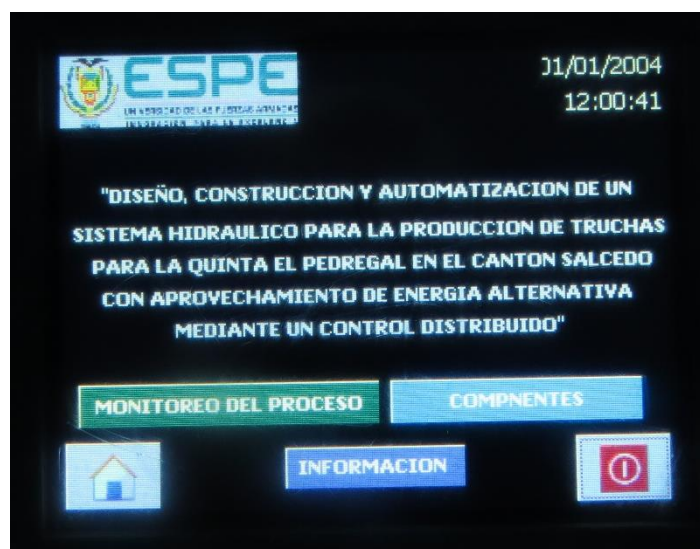


Figura 109 Pantalla principal del sistema de monitoreo.

La apariencia inicial sin duda es de lo más simple, siguiendo parámetros para elaboración de HMI, la cual cumple con colores y fuentes en letras. Además cuenta con sello de la universidad y con el botón de apagado de la pantalla más no del sistema.

Al realizar pruebas se describen algunas de ellas constando que el sistema funciona perfectamente; al tener la piscina de reserva vacía, pues el sistema no debe funcionar, es decir, un paro de emergencia se activa.

Si el paro de emergencia se activa el sistema debe reiniciarse por lo que un mensaje sale en la pantalla, como se muestra en la Figura 110.



Figura 111 Sistema en paro de emergencia.

Cuando el sistema funciona perfectamente aparece una luz verde en la bomba; esta indica que la bomba está en funcionamiento, así la Figura 112 permite observar dicha acción.



Figura 113 Sistema en funcionamiento.

Al igual si el tanque superior se encuentra lleno el sistema se detiene, pero no es lo mismo que un paro de emergencia sino que se apaga la bomba hasta que el tanque este vacío la Figura 114 permite visualizar la acción.



Figura 115 Acción de tanque lleno.

Así mismo se comprobó la señal de los sensores por separado como se muestra en la Figura 116 , llegando a la conclusión que su funcionalidad es perfecta.

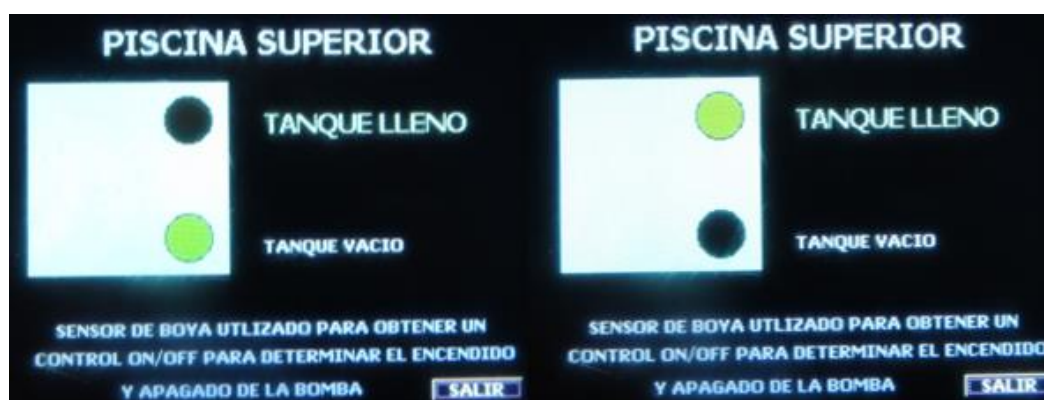


Figura 117 Funcionamiento del sensor superior.

El sensor inferior es el más importante, ya no permite trabajar a la bomba en vacío (sin líquido), su configuración es N/A (normalmente abierto), debe dar una señal de circuito cerrado al arranque del sistema.

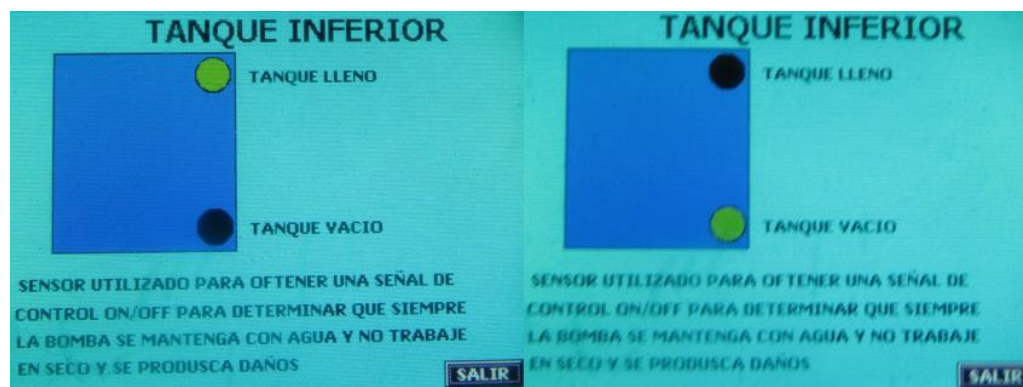


Figura 118 Funcionamiento del sensor inferior.

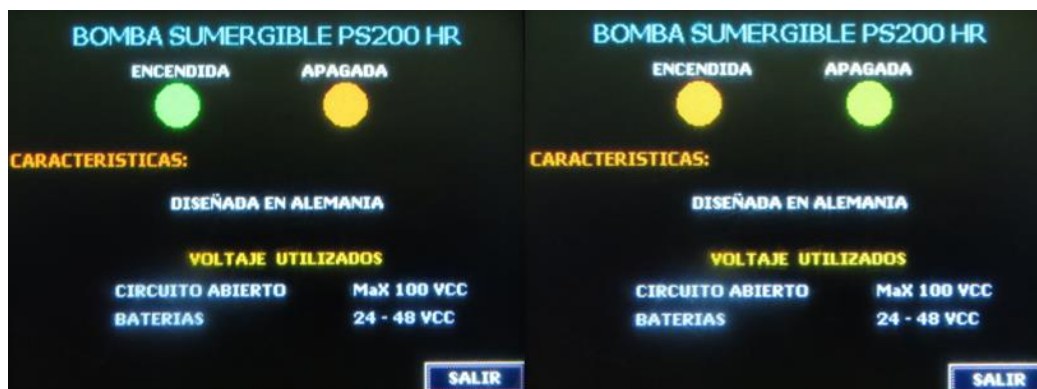


Figura 119 Funcionamiento de la bomba.

4.3 Alcances y limitaciones

4.3.1 Alcances

- Para empezar se realizó la instalación de la base en donde se iba a colocar los paneles solares, pudiendo captar la radiación solar de la zona.
- Las estaciones de trabajo con módulos solares aportarán a las personas y estudiantes de la carrera de ingeniería, aptitudes para el modelado y

diseño de controladores modernos, que serán útiles para su vida profesional.

- Se obtuvo el modelo de energías renovables aplicables en el país, de esta manera poder ingresar a plenitud para generar fuentes de energías.
- Se diseñó e implementó un monitoreo SCADA, el cual permite saber el estado del proceso durante las 24 horas.
- El sistema de bombeo aplicando energías alternativas es una gran oportunidad de incursionar a diferentes tipos de generación eléctrica a las cuales muchas comunidades no obtienen información, por lo tanto la inversión se ve reflejada en la producción y eficiencia que se la dé.

4.3.2 Limitaciones

- No se puede obtener un modelo específico de que energía es la más eficiente en el campo a realizarse, sin antes realizar estudios específicos de por lo menos 8 meses, así se puede concluir que método energético es el mejor para la aplicación realizada.
- El sistema cuenta con un paro de emergencia propio del controlador, esto quiere decir que si la piscina principal de la bomba se queda sin líquido el sistema se bloquea y se debe esperar 20 minutos hasta que automáticamente se reinicie; caso contrario se procede a resetear el proyecto desde el interruptor principal.
- No se puede comparar una generación eólica con solar o inercial, cada una tiene su eficiencia propia y además sus gastos son diferentes, por las limitaciones ofrecidas en el país la más explotada es la energía solar; así que es la que más información se puede encontrar para realizar una adaptación.

4.4 Hipótesis planteada

La Quinta El Pedregal, para mejorar la producción de truchas, implementara a corto o largo plazo un sistema integral, que aproveche energía alternativa, mediante un control distribuido de sus procesos, logrando de esta manera producir de forma eficiente, dejando procesos artesanales e implementando procesos renovables y tecnológicos sin perjuicio al ecosistema.

4.5 Validación de la hipótesis

La hipótesis ha sido validada en base a las siguientes razones:

- El sistema aprovecha 100% energía renovable radiada por el sol, la cual le hace un proyecto autónomo; siendo amigable con el medio ambiente y de estética suave a las personas y usuario del sector
- El control distribuido permitirá reconocer problemas en el sistema antes de una posible avería, siendo de fácil manejo para el usuario, y de interfaz atractiva.
- Se dejó el proceso convencional de bombeo, incrementando de una manera considerable los tiempos de revisión de variables comunes en la oxigenación a partir de la recirculación, dejando margen de tiempo para otras actividades.

4.6 Análisis económico

La construcción del sistema de recirculación de agua exige de componentes cuyo costo se detalla, no solo por el precio de cada material o elemento, sino también por la modificación, adecuación y el costo de mano de obra, tanto al preparar cada molde, como al ensamblar cada elemento requerido, por lo que el análisis económico del proyecto se divide en cuatro secciones detalladas a continuación.

En la Tabla 20 se define la cantidad y el costo de los elementos que componen el sistema de recirculación y del proyecto de energías renovables; necesarias para su construcción.

Tabla 21

Detalle de costos de los materiales y elementos.

Cant.	Especificación	Costo Unitario	Costo Total
1	Tubo de 4" galvanizado	\$ 65,00	\$65,00
1	Platina de ½" hierro	\$32,40	\$32,40
1	Angulo ½" hierro	\$44,20	\$44,20
1	Quintal de cemento	\$8,00	\$8,00
1	Angulo de aluminio	\$45,10	\$45,10
1	Platina de aluminio	\$56,12	\$56,12
4	Metros de malla de aluminio	\$12,50	\$50,00
50	Metros de manguera 1 ¼"	\$1,08	\$54,20
1	Acople para manguera	\$2,50	\$2,50
1	Unión de manguera	\$0,50	\$0,50
1	Válvula anti retorno	\$2,40	\$2,40
3	Gabinetes eléctricos	\$475,00	\$475,00

CONTINÚA

50	Metros cable concéntrico 3	\$2,50	\$125,00
50	Metros cable concéntrico 2	\$2,00	\$100,00
2	Baterías de 12 V.	\$390,00	\$780,00
1	Controlador de voltaje	\$260,00	\$260,00
2	Paneles solares de 150 W	\$380,00	\$760,00
1	Equipo de accesorios de bomba	\$640,00	\$640,00
1	Bomba sumergible + controlador	\$5000,00	\$5000,00
1	PLC Siemens S7-1200	\$275,00	\$275,00
1	Pantalla Touch Siemens	\$850,00	850,00
----	Accesorios generales	\$320,00	\$320,00
Total			\$9.945,42

El costo de los componentes principales utilizados en la fabricación del sistema de recirculación es de \$9.945,42 dólares americanos.

La Tabla 22, describe los gastos de costo menor, resumido en diferentes ítems. Los cuales pertenecen a distintos materiales no contemplados en la Tabla 23.

Tabla 24**Resumen de gastos varios.**

Elementos	Costo
Materiales Acabado de Pintura	\$75,00
Materiales Conexiones Eléctricas	\$70,00
Material Eléctrico	\$47,00
Elementos de Ferretería	\$170,00
Total	\$362,00

Para la modificación y elaboración de diferentes elementos, se empleó diversos procesos de maquinado, los cuales se describen en la Tabla 25 y que relaciona el costo por el tiempo que se requirió. Teniendo en cuenta además del costo de los elementos que se requirieron como: electrodos, brocas, sierras, entre otros.

Tabla 26**Detalle de maquinado**

Proceso	Costo
Soldado	\$50,00
Cortado	\$30,00

CONTINÚA 

Torneado	\$20,00
Esmerilado	\$30,00
Taladrado	\$20,00
Pintado	\$50,00
Total	\$200,00

El costo directo que reúne los costos detallados anteriormente, se definen por separado lo que se debería invertir para obtener todas las partes que conforman el sistema de recirculación de agua con aprovechamiento de energía renovable, esto suma un total de \$10.507,42 dólares americanos, como refleja en la Tabla 27.

Tabla 28

Costo directo del proyecto.

Descripción	Totales
Elementos	\$9.945,42
Materiales	\$362,00
Maquinado	\$200,00
Total	10.507,42

Para determinar el costo final del sistema, se adiciona el costo directo del proyecto el costo del tiempo empleado en horas de ingeniería, que aproximadamente llegan a ser de 400 horas, por un precio general de \$8,00 dólares americanos cada hora. Además de la suma de gastos imprevistos, generalmente usados en movilización y detalles no contemplados.

Tabla 29

Descripción del costo final del proyecto.

Especificaciones	Valor
Costo del proyecto	\$10.507,42
Ingeniería	\$2.000,00
Adicionales	\$80,00
Total	\$12.587,42

El costo real del proyecto asciende a \$12.587,42 dólares americanos, que es un precio elevado para un proyecto casero, que se aplicó a una microindustria la de acuerdo a su producción, se recupera la inversión en un plazo de 2 años.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis efectuado del clima en la zona, permitió delinear propiedades de la energía a utilizar en la recirculación de agua; precisando la selección de componentes solares ideales, para la solución de adquisición de energía alternativa.
- Se diseñó y se construyó un sistema de recirculación de agua que posee una implementación de energía alternativa, controlada a distancia.
- Se implementó componentes de control de acuerdo a parámetros de diseño del usuario, técnicamente fundamentado y conservando la iniciativa original; que brinda una diferencia especial de monitoreo.
- El control y monitoreo implementados, destaca la versatilidad del sistema; precisando respuesta en tiempo real, es decir diseñado para posibles fallas ambientales.
- La aplicación desarrollada para el monitoreo del sistema de recirculación, posee una interfaz adecuada, bajo un entorno fácil de manipular para cualquier usuario.
- En relación al costo de adquisición e instalación del sistema, representa un proyecto costoso, pero si se lo compara con COSTOS en el mercado, resulta una inversión factible con la generación y recuperación de inversión inicial de dos años.

5.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio solar previo de un tiempo mínimo de un año, para que de esta manera los resultados y análisis estadísticos sean en caso efectivos y reales, para cálculos posteriores, necesarios para la compra de elementos indispensables para la puesta en marcha de dicho proyecto mencionado.
- Al ser una quinta donde se observa animales de granja y plantaciones, se puede tener la opción de generar energía a través de biomasa, para la cual el estudio es más profundo, y las instalaciones se deben construir desde cero.
- Para el proyecto propuesto, se sugiere utilizar una bomba de corriente continua, la cual permite un ahorro de energía en consumo, también el ahorro de instalar un banco de baterías e inversores de corriente; así mismo esta cuenta con la opción de trabajar directamente con los paneles solares.
- Se RECOMIENDA repotenciar el sistema, usando una bomba de mayor potencia, en la actualidad se cuenta con bomba de ½ HP, se le puede instalar hasta de 2 HP; la cual no solo sirve para una recirculación entre piscinas de piscicultura, sino también para regadío de cultivos.
- La bomba LORENTZ utilizada es de pozo profundo, que se puede aprovechar para impulsar el agua desde el río CUTUCHI, que circula a una elevación negativa de 100 metros.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNT LORENTZ GmbH & Co. (2014). Solar Submersible Pump System . Ulzburg, Ulzburg, Germany.
- CONELEC. (Agosto de 2008). Atlas Solar del Ecuador. *Atlas Solar del Ecuador con fines de generacion electrica*. Quito: Corporacion para la Investigacion Energética.
- CONELEC. (28 de Febrero de 2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica . Quito, Pichincha, Ecuador.
- ENAIR. (2015). Aerogeneradores. Alicante, Castalla, España.
- Fernández Salgado, J. (2009). *Tecnología de las Energías Renovables*. Madrid: MUNDI-PRENSA.
- Fraenkel, P., & Thake, J. (2010). *Dispositivos de Elevacion de Agua*. Mexico, D.F.: Alfaomega.
- INAMHI. (2014). Boletín Meteorológico. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Lawson , T. (1995). *Fundamentals of Aquacultural Engineering*. New York: Chapman & Hall.
- MORNINGSTAR. (2011). SunSaver. Newtownon, U.S.A.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Mexico, D.F.: Pearson Education.
- Riba i Romeva, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Santiago de Chile: Ediciones UPC.
- Rodríguez Penin, A. (2012). *Sistemas SCADA*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.

Simax Green New Energy GmbH. (2015). Solarmodule. Eschborn, Germany.

Ultracell. (2015). UCG 85-12. Liverpool, Vesty Road, United Kingdom.

LINKOGRAFÍA

- AEOLOS. (2015). *wind turbine*. Retrieved from Aerogenerador Vertical: <http://www.windturbinestar.com/1kw-Aerogenerador-Vertical.html> (12 de Febrero del 2015)
- Aprendemos Tecnología. (s.f.). *Energía Eólica*. Retrieved from Tecnología Industrial: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/10/08_0_fuentes-de-energ3ada-energ3ada-ec3b3lica.pdf (12 de Febrero del 2015)
- Ente Vasco de la Energía. (s.f.). *Energía Solar*. Retrieved from Ente Vasco de la Energía: <http://www.eve.es/CMSPages/GetFile.aspx?guid=62739949-bde7-4cdc-bcb4-04145ba9b511>(12 de Febrero del 2015)
- Industrias Saladillo S.A. (2013, Junio). *HIDRO 3*. Retrieved from Termofusion: http://www.industriassaladillo.com.ar/esp/manuales/descargas/manual_h3.pdf (5 de Junio del 2015)
- Luis Corrales, P. (2007, Diciembre). *Interfaces de comunicacion industrial*. Retrieved from departamento de automatizacion y control industrial: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf> (21 de Junio del 2015)
- Milkovic, V. (2015). *researcher & inventor*. Retrieved from <http://www.veljkomilkovic.com/indexEng.htm> (20 de Febrero del 2015)
- SIEMENS AG. (2015). *SIMATIC*. Retrieved from Tecnologia Simatic: <http://w3.siemens.com/mcms/topics/es/simatic/pages/default.aspx> (12 de Mayo del 2015)
- Solar Energy International. (2013, 08 12). *Renewable Energy Education for a Sustainable Future*. Retrieved from Energía Eólica:

<http://solarenergytraining.org/mod/page/view.php?id=6138> (26 de Julio del 2015)

Sulzer. (s.f.). *Bombas y sistemas*. Retrieved from Bomba de una sola etapa de impulsor en voladizo: <https://www.sulzer.com/es/Products-and-Services/Pumps-and-Systems/Single-Stage-Pumps/API610-and-ISO-13709-Pumps/OHH-Overhung-Single-Stage-Pumps> (17 de Marzo del 2015)

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **GABRIEL ALEJANDRO CORTÉS NARANJO** y el señor **JOSÉ ANDRÉS FIALLOS NÚÑEZ**

En la ciudad de Latacunga, a los **16 días del mes de Julio del 2015.**

Ing. Félix Manjarrés
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Wilson Trávez
CODIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Vicente Hallo

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO