

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



**Instituto costarricense de electricidad
ICE**

“Sistema de control logístico para el desarrollo y mantenimiento del programa de electrificación rural del Instituto Costarricense de Electricidad”

Y

“Evaluación técnica de proyecto para la instalación de máquina productora de hielo en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya”

**Práctica de Especialidad para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería en Mantenimiento Industrial.**

Sebastián Fernández Vargas

CARTAGO, NOVIEMBRE, 2002

Nombre y apellidos de contribuyentes del proyecto

Profesor Guía:

Henry Venegas Rosales.

Asesor Industrial:

Misael Mora Pacheco.

Tribunal examinador:

Dedicatoria:

A mi madre, quien me heredó su espíritu de lucha inagotable y me sigue apoyando para salir adelante en la vida.

Agradecimiento:

A mis Padres, Hermanos y demás familiares en especial mi Abuela por sus consejos, apoyo y confianza para seguir una carrera universitaria y buscar el éxito profesional.

Tabla de Contenido

| | |
|---|-----------|
| Índice de Tablas | 8 |
| RESUMEN | 10 |
| SUMMARY | 11 |
| CAPITULO I | 12 |
| INFORMACIÓN GENERAL | 12 |
| 1.2. Descripción de la empresa: | 12 |
| 1.2.1 Reseña histórica | 12 |
| 1.2.2 ICE Electricidad | 12 |
| 1.2.3 Estructura organizacional | 13 |
| 1.3. Proceso Productivo: | 14 |
| 1.3.1 Área de Conservación de energía (ACEN): | 14 |
| CAPITULO II | 15 |
| MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 Obtención de energía eléctrica del sol: | 15 |
| 2.2 Mantenimiento de equipos Fotovoltaicos: | 20 |
| 2.2.1 Paneles: | 20 |
| 2.2.2 Controlador de carga: | 20 |
| 2.2.3 Acumulador(Batería): | 21 |
| 2.3 Características de la energía solar fotovoltaica. | 21 |
| 2.3.1 Clima: | 22 |
| 2.3.2 Geología: | 22 |
| 2.3.3 Suelo: | 22 |
| 2.3.4 Aguas superficiales y subterráneas: | 23 |
| 2.3.5 Flora y fauna: | 23 |
| 2.3.6 Paisaje: | 23 |
| 2.3.7 Ruidos: | 23 |
| 2.3.8 Medio social: | 23 |
| 2.4 Características de un panel solar | 24 |
| 2.5 Características que definen el comportamiento de una batería: | 29 |
| 2.5.1 Capacidad en Amperios hora: | 29 |
| 2.5.2 Periodos de carga y descarga: | 30 |
| 2.5.3 Temperatura: | 30 |
| 2.5.4 Profundidad de descarga: | 30 |
| 2.5.5 Diferencias que hay entre las baterías de Plomo-ácido y las de Níquel-Cadmio: | 33 |
| 2.5.6 Procedimiento para medir de carga de una batería: | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.7 Efectos que tiene la conexión en serie o en paralelo de varias baterías sobre la capacidad y el voltaje de las mismas: _____ | 37 |
| 2.5.8 Efecto de descargar rápidamente una batería: _____ | 38 |
| 2.5.9 Efectos produce el calor en las baterías: _____ | 38 |
| 2.5.10 Recomendaciones para la instalación de las baterías: _____ | 38 |
| 2.5.11 Peligro de dejar descargada una batería durante mucho tiempo: _____ | 38 |
| 2.5.12 Causas más habituales por las que se sulfata una batería: _____ | 39 |
| 2.5.13 Síntomas de que un elemento de batería se ha sulfatado: _____ | 39 |
| 2.5.14 Clase de agua que se debe añadir a las baterías: _____ | 40 |
| 2.6 Empleo de un regulador de carga en una instalación fotovoltaica. _____ | 40 |
| 2.7 Diferentes tipos de inversores que se pueden encontrar en el mercado. _____ | 40 |
| 2.7.1 Inversores de onda cuadrada: _____ | 41 |
| 2.7.2 Inversores de onda senoidal modificada: _____ | 42 |
| 2.7.3 Inversores de onda senoidal: _____ | 43 |
| 2.7.4 Forma de dimensionar un inversor: _____ | 43 |
| 2.8 Diferencia que hay entre cargas resistivas y cargas inductivas: _____ | 44 |
| 2.9 Tipos de elementos de iluminación más adecuados para instalar con los sistemas solares fotovoltaicos _____ | 44 |
| 2.10 Diferencias entre un bombeo solar directo y un bombeo convencional _____ | 45 |
| CAPITULO III _____ | 46 |
| PROYECTO ADMINISTRATIVO: _____ | 46 |
| SISTEMA DE CONTROL LOGISTICO PARA EL DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DEL PROGRAMA DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (SCL) _____ | 46 |
| 3.1 Definición del problema: _____ | 46 |
| 3.2 Introducción: _____ | 48 |
| 3.2.1 Objetivo general del SCL _____ | 48 |
| 3.2.2 Objetivos específicos del SCL. _____ | 48 |
| 3.2.3 Ventajas del sistema de control logístico _____ | 49 |
| 3.2.4 Metodología a seguir para el desarrollo del SISTEMA DE CONTROL LOGISTICO (SCL) _____ | 50 |
| 3.2.5 Desarrollo de las etapas _____ | 51 |
| ETAPA No. 1: Selección de los equipos fotovoltaicos para el SCL _____ | 51 |
| ETAPA No. 2: Objetivo específico a alcanzar con el SCL _____ | 52 |
| ETAPA No. 3. Determinar el grado de deterioro de los equipos _____ | 55 |
| ETAPA No. 4. Codificación de los sistemas Fotovoltaicos _____ | 55 |
| ETAPA No. 5: Conformación de los tipos de equipo manejados por el proyecto fotovoltaico _____ | 61 |
| ETAPA No. 6: Estudio Técnico de los equipos Fotovoltaicos. _____ | 62 |
| Aspectos importantes por tener en cuenta para el manejo de inventarios de baterías: _____ | 77 |

| | |
|--|------------|
| Ejemplo 3.1 Mantenimiento de baterías almacenadas en PAVAS, San José _____ | 80 |
| Recomendaciones para el manejo de inventarios de baterías _____ | 81 |
| ETAPA No. 7 Formación del archivo Técnico _____ | 83 |
| ETAPA No. 8: Determinación de las herramientas requeridas para llevar a cabo el proyecto (SCL). _____ | 84 |
| ETAPA No. 9: Desarrollo del sistema de información como herramienta para ejercer un control ágil sobre el SCL. _____ | 85 |
| ORGANIGRAMA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS _____ | 86 |
| ETAPA No. 10: Manual de utilización del sistema de información para los equipos fotovoltaicos. _____ | 87 |
| Menú #1: CLIENTES DEL PAIS _____ | 87 |
| Menú #2: INFORMACIÓN GEOGRAFICA _____ | 89 |
| Menú #3: EQUIPO FOTOVOLTAICO INSTALADO A CLIENTES _____ | 91 |
| Menú #4: MOVIMIENTO DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS. _____ | 96 |
| Menú #5: SOLICITUDES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. _____ | 107 |
| 3.3 Conclusiones del proyecto administrativo. _____ | 110 |
| 3.4 Recomendaciones para llevar a cabo implementación del (SCL). _____ | 111 |
| CAPITULO IV _____ | 113 |
| PROYECTO DE INGENIERÍA _____ | 113 |
| EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROYECTO PARA LA INSTALACIÓN DE MÁQUINA PRODUCTORA DE HIELO EN LA ISLA CABALLO, GOLFO DE NICOYA _____ | 113 |
| 4.1 Definición del problema: _____ | 113 |
| 4.2 Introducción: _____ | 114 |
| 4.2.1 Objetivo General: _____ | 114 |
| 4.2.2 Objetivos Específicos: _____ | 114 |
| 4.3 Datos técnicos de la máquina: _____ | 115 |
| 4.3.3 Datos de placa (Fabrica de hielo sin depósito): _____ | 115 |
| 4.3.4 Datos de placa (Depósito de hielo): _____ | 115 |
| 4.3.5 Descripción de la máquina: _____ | 116 |
| 4.4 Instrucciones a seguir para mantener funcionando exitosamente la máquina productora de hielo _____ | 120 |
| 4.4.6 Secciones de la máquina _____ | 120 |
| 4.4.7 Encendido y Operación _____ | 121 |
| 4.4.8 Limpieza y Saneamiento _____ | 122 |
| Sección de la máquina de hielo (En el lugar de limpieza)** _____ | 122 |
| Descarga de Hielo (Donde sea aplicable) _____ | 123 |
| Cámara de almacenamiento de hielo (Depósito de hielo) _____ | 124 |
| 4.4.9 Mantenimiento Preventivo _____ | 124 |
| 4.4.10 Transporte y Almacenamiento _____ | 125 |

| | |
|---|------------|
| 4.5 Selección del aislante a utilizar para el depósito de hielo. _____ | 126 |
| 4.5.1 Dimensiones del depósito: _____ | 126 |
| 4.5.2 Condiciones para la selección del nuevo aislante: _____ | 127 |
| 4.5.3 Cálculo del espesor del aislante de la parte superior: _____ | 140 |
| 4.5.4 Cálculo del espesor del aislante de la puerta del depósito: _____ | 142 |
| 4.5.5 Procedimiento para la instalación del aislante es el siguiente: _____ | 144 |
| 4.6 Diseño del sistema fotovoltaico _____ | 145 |
| 4.6.1 Cantidad de hielo producida con el sistema fotovoltaico actual _____ | 146 |
| 4.7 Sugerencia de nuevo diseño de la instalación fotovoltaica para aumentar la producción de la máquina de hielo. _____ | 156 |
| 4.8 Análisis energético. _____ | 159 |
| 4.9 Conclusiones del proyecto de diseño de ingeniería _____ | 161 |
| 4.10 Recomendaciones del proyecto de diseño de ingeniería _____ | 162 |
| CAPITULO VI _____ | 164 |
| BIBLIOGRAFIA _____ | 164 |
| 6.1 Referencias Bibliográficas _____ | 164 |
| 6.2 Bibliografía consultada _____ | 165 |
| 6.3 Referencias de Internet _____ | 166 |
| CAPITULO VII _____ | 167 |
| ANEXOS _____ | 167 |
| 7.1 Anexo 1: Hoja de Información _____ | 167 |
| 7.1.1 Información del estudiante: _____ | 167 |
| 7.1.2 Información del Proyecto: _____ | 167 |
| 7.1.3 Información de la Empresa: _____ | 168 |
| 7.2 Anexo 2: CARTA DE ENTENDIMIENTO _____ | 169 |
| 7.3 Anexo 3: Hojas Climatológicas _____ | 170 |
| 7.4 Anexo 4: Fotos del lugar de Instalación _____ | 171 |
| 7.5 Anexo 5: Cotización del aislante a utilizar _____ | 172 |
| 7.6 Anexo 6: Características del panel solar a utilizar _____ | 173 |
| 7.7 Anexo 7: Características del tipo de batería a utilizar _____ | 174 |
| 7.8 Anexo 8: Características del tipo de inversor a utilizar _____ | 175 |
| 7.9 Anexo 9: Ficha de codificación de equipo fotovoltaico _____ | 176 |
| 7.10 Anexo 10: Hoja de visitas para el sistema fotovoltaico _____ | 177 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 3.1 Selección de los Tipos de equipo para el Mantenimiento Preventivo de los sistemas Fotovoltaicos. | 52 |
| Tabla 3.2 Objetivos específicos para las partes del proyecto y los componentes más esenciales que conforman un sistema Fotovoltaico. | 54 |
| Tabla 3.3 Codificación de las regiones del país donde se encuentran instalados los sistemas Fotovoltaicos. | 57 |
| Tabla 3.4 Codificación de las partes principales que conforman (genéricamente) un sistema Fotovoltaico. | 58 |
| Tabla 3.5 (Primera Parte) Codificación de las partes que conforman cada uno de los sistemas fotovoltaicos según su género, marca, modelo y capacidad. | 59 |
| Tabla 3.6 (Segunda Parte) Codificación de las partes que conforman cada uno de los sistemas fotovoltaicos según su género, marca, modelo y capacidad. | 60 |
| Tabla 3.7 Tipo de utilización que van a tener los equipos Fotovoltaicos una vez instalados. | 60 |
| Tabla 3.8 Constitución de los tableros de equipo Fotovoltaico que se utilizan para diferentes aplicaciones o usos. | 61 |
| Tabla 3.9 Cantidad de componentes de sistemas fotovoltaicos que con más frecuencia se han debido de cambiar en el último semestre del año en curso | 67 |
| Tabla 3.10 Tensión de carga | 69 |
| Tabla 3.11 Causas principales de averías en los componentes de equipos Fotovoltaicos. | 71 |
| Tabla 3.12 Compras de baterías realizadas | 72 |
| Tabla 3.13 Cambios de baterías en el segundo semestre del año 2002 | 72 |
| Tabla 3.14 Porcentaje de baterías reemplazadas cada semestre. | 74 |
| Tabla 3.15 Porcentaje de baterías reemplazadas cada semestre (Recomendado). | 75 |
| Tabla 3.16 Cantidad de cambios de batería que se deberán hacer para el lote de baterías instaladas en el segundo semestre del año 2002. | 76 |
| Tabla 3.17 Listado de nombres de los encargados de proyecto de las diferentes regiones. | 83 |
| Tabla 3.18 Historial de un cliente | 95 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Tabla 3.19 | Cantidad de equipos en bodega. | 103 |
| Tabla 3.20 | Cantidad de equipos en bodega de una Región. | 104 |
| Tabla 4.1 | Características de los motores secundarios de la máquina productora de hielo | 115 |
| Tabla 4.2 | Áreas que se deberán aislar | 126 |
| Tabla 4.3 | Flujo de calor con diferentes tipos de aislantes | 130 |
| Tabla 4.4 | Flujo de calor a través de la puerta y la parte superior del depósito | 131 |
| Tabla 4.5 | Flujo de calor con diferentes tipos de aislantes | 133 |
| Tabla 4.6 | Espesor calculado del nuevo aislante. | 143 |
| Tabla 4.7 | Dimensiones del nuevo aislante | 143 |
| Tabla 4.8 | Inventario de equipo dispuesto en la Isla | 146 |
| Tabla 4.9 | Corriente Pico máxima que pueden proporcionar el banco de paneles solares | 147 |
| Tabla 4.10 | Potencia máxima que puede proporcionar el banco de paneles solares | 148 |
| Tabla 4.11 | Irradiación solar Anual para el golfo de Nicoya en MJ/ m² (Mega julios por metro cuadrado). | 149 |
| Tabla 4.12 | Cálculo de la cantidad de días que podrá abastecer el banco de baterías a la máquina sin necesidad de ser recargado. | 150 |
| Tabla 4.13 | Cálculo de la cantidad de horas al día que podrá funcionar la máquina | 153 |
| Tabla 4.14 | Cantidad de hielo producido en las condiciones más críticas | 154 |
| Tabla 4.15 | Cantidad de hielo producido mensualmente | 155 |
| Tabla 4.16 | Cantidad de hielo máxima que se podrá producir. | 156 |
| Tabla 4.17 | Cálculo de potencia máxima consumida por la máquina. | 157 |
| Tabla 4.18 | Cálculo de corriente pico del banco de paneles solares. | 157 |
| Tabla 4.19 | Cálculo de la cantidad de paneles solares requerida. | 158 |
| Tabla 4.20 | Cálculo del nuevo banco de baterías requerido. | 158 |
| Tabla 4.21 | Características que debe tener el inversor a utilizar. | 159 |
| Tabla 4.22 | Sumario de partes que debe tener el nuevo sistema fotovoltaico. | 159 |

RESUMEN

La presente entrega consta de dos proyectos realizados en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) – Área de Conservación de Energía, referentes a la electrificación rural fotovoltaica:

1. “Sistema de control logístico (SCL) para el desarrollo y mantenimiento del programa de electrificación rural del Instituto Costarricense de Electricidad”

El objetivo del SCL es aportar la mayor parte de la información necesaria para llevar a cabo el desarrollo y mantenimiento del proyecto de electrificación rural en Costa Rica.

El SCL esta conformado por una base de datos documentada, para ejercer un control adecuado sobre el desarrollo y mantenimiento del proyecto de electrificación rural, adjunto a un estudio técnico con recomendaciones para un control de inventarios adecuado de las refacciones de los sistemas fotovoltaicos.

El aporte principal del SCL es que permitirá establecer las tasas de crecimiento del proyecto de electrificación rural al conocer cual será la demanda de repuestos que el proyecto va a requerir en los años venideros.

Este es el proyecto a ser expuesto.

2. Evaluación técnica del proyecto “Instalación de máquina productora de hielo en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya”.

Se realiza una evaluación técnica sobre la posibilidad de instalar una máquina productora de hielo para apoyar la actividad de pesca artesanal de la población de Isla Caballo.

El mismo incluye una proyección económica del proyecto con el fin de determinar la rentabilidad del mismo y se concluye que la inversión inicial asciende a mas de cincuenta y seis millones de colones con una cobertura del 66% de la demanda actual de hielo para el fin mencionado.

El principal aporte de este proyecto es que plantea las bases para la conducción de evaluaciones técnicas de proyectos acerca equipos que requieran ser energizados mediante un sistema fotovoltaico.

SUMMARY

The present document is formed by two different projects developed at the Costa Rica Electricity Institute (ICE) – Energy Conservation Area. Both of them are related to Photovoltaic Rural Electrification:

1. “Logistic Control System (LSC) to develop and maintain the ICE Rural Electrification Program”.

The LSC main objective is to contribute with most of the information needed to implement the development and maintenance of the Rural Electrification Program in Costa Rica.

The LSC is compound by a documented database in order to practice a satisfactory control over the Rural Electrification Program and a technical study along with recommendations for inventory management of photovoltaic systems spare parts.

The main contribution of the LSC is that it will permit to establish the rates of growth of the rural electrification project upon knowing which will be the demand of spare parts that will require to by change through coming years.

This first project is the one to be exposed.

2. Technical evaluation of the project: “Ice maker machine installation at the Caballo Island in the Nicoya Gulf”.

In this second project a technical evaluation is accomplish to analyze the installation of a ice maker machine to support the artisan fishing activity to the Caballo Island population.

As well a economic projection is included in order to determine its affordability.

In conclusion the initial investment ascends over fifty-six millions of colones (US\$150,000) reaching a 66% of the actual ice demand for that activity.

Despite of the conclusions and suggestions for both projects the main goal of the task is to expound bases for technical evaluations conduction about equipment that require to be energized by a photovoltaic system.

CAPITULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.2. Descripción de la empresa:

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

1.2.1 Reseña histórica

Siempre en procura de una solución al problema energético, el 2 de diciembre de 1948 un grupo de ingenieros eléctricos y civiles presentaron, ante la Junta Directiva del Banco Nacional, un documento denominado "Plan general de electrificación de Costa Rica". El documento analizó la crítica situación energética del país y planteó propuestas para salir de la crisis y estimular el desarrollo económico de Costa Rica.

Dada la trascendencia de la iniciativa, la directiva la remitió para que fuera estudiada por el Gobierno de la República. Su consecuencia: en 1949 se crea el Instituto Costarricense de Electricidad.

1.2.2 ICE Electricidad

MISIÓN

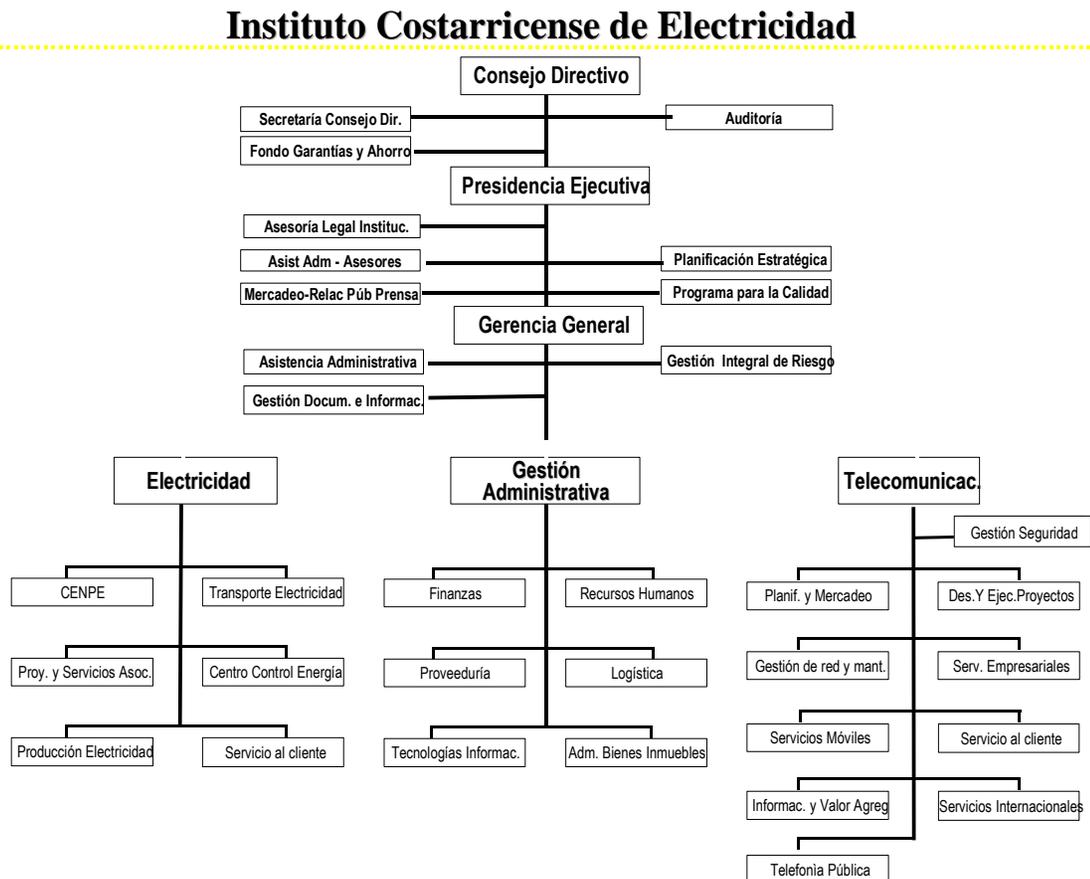
Suministrar electricidad, con la calidad, cobertura, oportunidades y servicios complementarios, que requieran los diferentes segmentos de clientes, de acuerdo con sus particulares necesidades actuales y futuras.

VISIÓN

Ser una organización líder de la industria eléctrica nacional y con alta participación en el mercado regional de generación.

- Que contribuye con el desarrollo económico y social, promoviendo la universalidad del servicio en el ámbito nacional, la satisfacción de las necesidades de sus clientes y el uso racional de los recursos naturales.
- Que sea modelo de excelencia en la gestión de su recurso humano, la organización y la innovación tecnológica.

1.2.3 Estructura organizacional



1.3. Proceso Productivo:

1.3.1 Área de Conservación de energía (ACEN):

Esta área pertenece a la unidad estratégica de negocios (UEN) Servicio al cliente y se encuentra dividida en cuatro secciones que son las siguientes:

- a. La sección del programa de eficiencia energética, que es el encargado de diseñar e implementar programas de ahorro energético en las industrias.
- b. La sección del Laboratorio de eficiencia energética que es el encargado de hacer mediciones de consumo, eficiencia, etc; a los equipos para estudiar la viabilidad de su instalación en el campo.
- c. La sección de divulgación que es la encargada de aportar toda la documentación, material didáctico, panfletos, etc; para las campañas de ahorro energético.
- d. La sección del proyecto de electrificación rural fotovoltaica que es la encargada de seleccionar los sistemas fotovoltaicos para la compra, distribuirlos e instalarlos en los lugares en donde se van a utilizar (sección a la que pertenecen estos dos proyectos).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Obtención de energía eléctrica del sol:

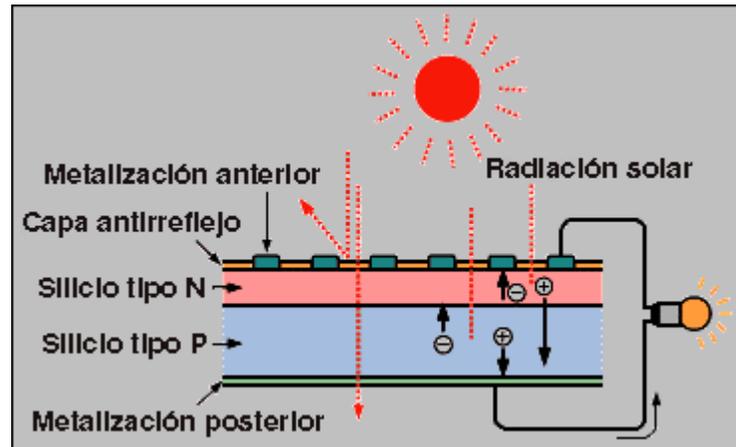


Figura 2.1 Efecto fotovoltaico en una célula solar

La energía eléctrica producida a partir del sol está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.



Figura 2.2 La Tierra vista desde el espacio

El Sol produce una enorme cantidad de energía: aproximadamente $1,1 \times 10^{20}$ kilowatios hora cada segundo (1 kilovatio hora es la energía necesaria para iluminar una bombilla de 100 watts durante 10 horas). La atmósfera exterior intercepta aproximadamente la mitad de una billonésima parte de la energía generada por el sol, o aproximadamente 1.5 trillones (1.500.000.000.000.000.000) de Kilowatios hora al año. Sin embargo, debido a la reflexión, dispersión y absorción producida por los gases de la atmósfera, sólo un 47% de esta energía, o aproximadamente 0.7 trillones (700.000.000.000.000.000) de Kilowatios hora alcanzan la superficie de la tierra.

Esta energía es la que pone en marcha la "maquinaria" de la Tierra. Calienta la atmósfera, los océanos y los continentes, genera los vientos, mueve el ciclo del agua, hace crecer las plantas, proporciona alimento a los animales, e incluso (en un largo período de tiempo) produce los combustibles fósiles. Nosotros dependemos de la energía de las plantas, el agua, el viento y los combustibles fósiles para hacer funcionar nuestras industrias, calentar y refrigerar nuestras viviendas y para mover nuestros sistemas de transporte.

La cantidad de energía que se consume en el mundo anualmente es aproximadamente 85 billones (85.000.000.000.000) de kilowatios hora. Esto es lo que se puede medir, es decir la energía que se compra, vende o comercializa. No hay forma de saber exactamente qué cantidad de energía no comercial consume cada persona (por ejemplo cuanta madera se quema, o que cantidad de agua se utiliza en pequeños saltos de agua para producir energía eléctrica). Según algunos expertos esta energía no comercial puede constituir como mucho una quinta parte del total de energía consumida. Aunque fuera este el caso, la energía total consumida por el mundo significaría sólo 1/7.000 de la energía solar que incide sobre la superficie de la tierra cada año.

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos (ver esquema):

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 110 ó 230 V.

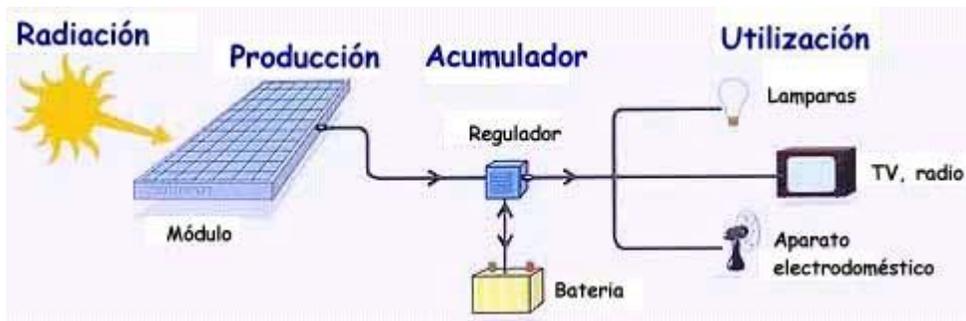


Figura 2.3 Una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc



Figura 2.4 Una instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 110 ó 230Vca

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc (Figura 2.3) o bien transformar la corriente continua en alterna de 110 ó 230 V a través de un inversor (Figura 2.4).

Si en vez de un panel solar se instala un aerogenerador el sistema se denomina eólico. Si se instalan ambos será un sistema mixto. En este caso cada uno debe llevar su propio regulador.

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar se puede alimentar con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado. La única limitación es el coste del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. No obstante, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica antes que realizar la conexión a la red.

Entre las principales aplicaciones se incluyen: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo y riego, iluminación de carreteras, repetidores de radio y televisión, depuradoras de aguas residuales, etc.

La rentabilidad económica de la energía solar depende del lugar del mundo donde nos encontremos. Una gran parte de la humanidad, en los países en desarrollo, por ejemplo Costa Rica, no tiene acceso a la electricidad por carecer de una infraestructura eléctrica básica. En estos países la energía solar fotovoltaica resulta ser la fuente más rentable para obtener electricidad, y en algunos lugares, la única.

En los países desarrollados, en los que existe una amplia infraestructura eléctrica, la cuestión es diferente. En este caso, en términos puramente económicos, los sistemas fotovoltaicos sólo resultan rentables en lugares alejados de la red convencional. No obstante, la cuestión cambiaría bastante si, además de la rentabilidad económica, tuviéramos en cuenta también el coste ambiental de cada fuente de energía.

Dentro de los usos que se le da a la electricidad es calentar agua lo cual técnicamente sería posible hacer con un sistema fotovoltaico, desde un punto de vista económico no tiene sentido. Para producir agua caliente lo mejor es emplear un sistema solar térmico, que utiliza colectores que se llenan de agua y absorben calor.

La vida útil de un panel solar fotovoltaico teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles y que las células y los contactos van encapsulados en una robusta resina sintética, se consigue una muy buena fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más. Además si una de las células falla, esto no afecta al funcionamiento de las demás, y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo células.

Los paneles van protegidos en su cara exterior con vidrio templado, que permite aguantar condiciones meteorológicas muy duras tales como el hielo, la abrasión, cambios bruscos de temperatura, o los impactos producidos por el granizo. Una prueba estándar para su homologación consiste en lanzar (con un cañón neumático) una bola de hielo de dimensiones y consistencia preestablecidas al centro del cristal.

2.2 Mantenimiento de equipos Fotovoltaicos:

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones:

2.2.1 Paneles:

Requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente utilizar agua y algún detergente no abrasivo.

2.2.2 Controlador de carga:

La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación del conexionado y cableado del equipo; observación de los valores

instantáneos del voltímetro y amperímetro: dan un índice del comportamiento de la instalación.

2.2.3 Acumulador(Batería):

Es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:

- Comprobación del nivel del electrolito (cada 6 meses aproximadamente): debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de "Máximo" y "Mínimo". Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se deben rellenar con agua destilada o desmineralizada. No debe rellenarse nunca con ácido sulfúrico.
- Al realizar la operación anterior debe comprobarse también el estado de los terminales de la batería; debe limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir con vaselina neutra todas las conexiones.
- Medida de la densidad del electrolito (si se dispone de un densímetro): con el acumulador totalmente cargado, debe ser de 1,240 +/- 0,01 a 20 grados Celsius. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento es señal de posible avería.

Nota: Estas indicaciones **sólo** se deben seguir en el caso de baterías de Plomo - ácido.

2.3 Características de la energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye

al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc).

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

2.3.1 Clima:

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

2.3.2 Geología:

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

2.3.3 Suelo:

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosión es nula.

2.3.4 Aguas superficiales y subterráneas:

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

2.3.5 Flora y fauna:

La repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

2.3.6 Paisaje:

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

2.3.7 Ruidos:

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

2.3.8 Medio social:

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos. La potencia pico de salida, en Vatios, que produce un panel fotovoltaico en condiciones de máxima iluminación solar, con una radiación de aproximadamente $1\text{KW}/\text{m}^2$ (se produce en un día soleado al mediodía solar).

2.4 Características de un panel solar

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización.

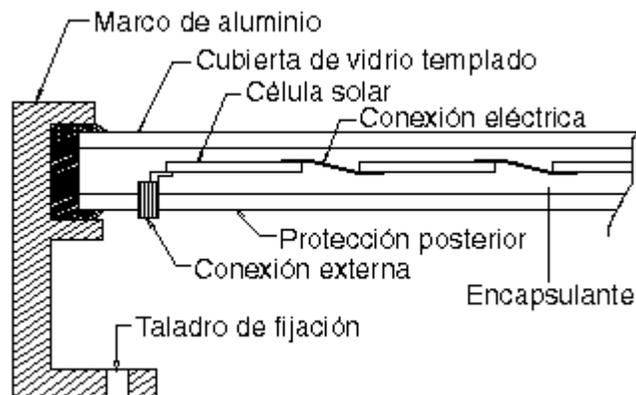


Figura 2.5 Corte transversal de un panel fotovoltaico

Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los elementos son los siguientes:

- **Encapsulante:** constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.

- **Cubierta exterior de vidrio templado:** Aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.
- **Cubierta posterior:** Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.
- **Marco de metal:** Normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladros) para el montaje del panel sobre la estructura soporte.
- **Caja de terminales:** Incorpora los bornes para la conexión del módulo o panel solar.
- **Diodo de protección:** Impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.
- **Composición de los paneles solares:** Los paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas de silicio mono-cristalino o poli-cristalino. La diferencia entre una y otra radica en el procedimiento de fabricación. Las células de silicio mono-cristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que se va haciendo recrecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene un mono-cristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor. Estas obleas se introducen después en hornos especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento anti-reflexivo de bióxido de titanio o zirconio.

En las células policristalinas, en lugar de partir de un mono-cristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas.

Los paneles fotovoltaicos generan electricidad incluso en días nublados, aunque su rendimiento disminuye. La producción de electricidad varía linealmente a la luz que incide sobre el panel; un día totalmente nublado equivale aproximadamente a un 10% de la intensidad total del sol, y el rendimiento del panel disminuye proporcionalmente a este valor.

Los factores de los que depende la eficiencia de un panel solar son fundamentalmente de la intensidad de la radiación luminosa y de la temperatura de las células solares.

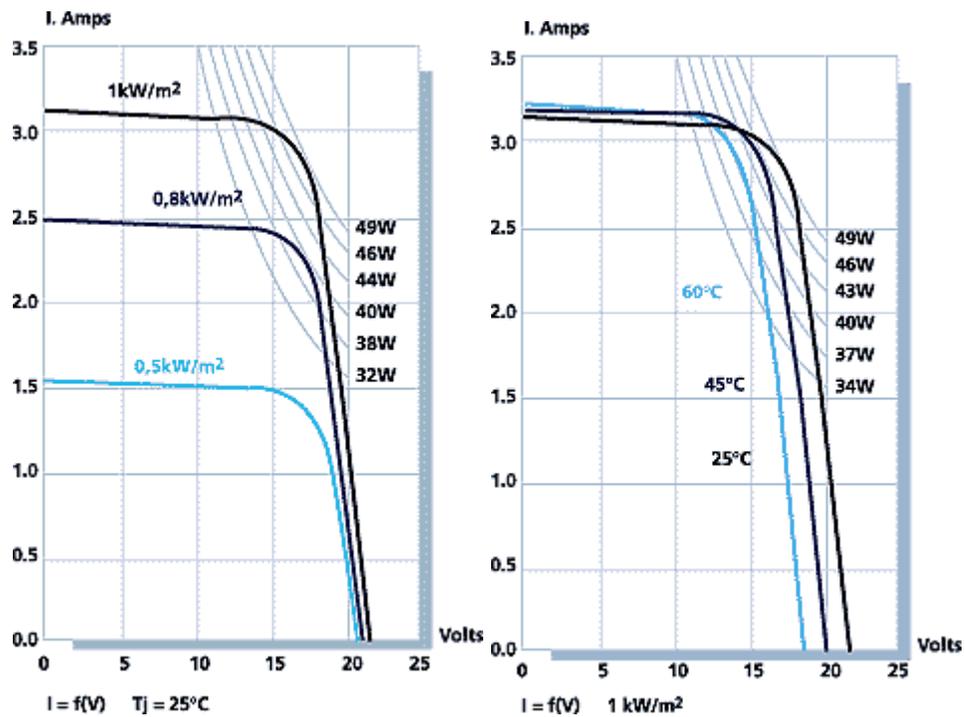


Figura 2.6 Variación de intensidad y tensión con la radiación y la temperatura según potencia nominal

La intensidad de corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante. En este sentido tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal), ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo. Una radiación de 1.000 W/m^2 es capaz de calentar un panel unos 30 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión en $2 \text{ mV}/(\text{célula} \cdot \text{grado}) * 36 \text{ células} * 30 \text{ grados} = 2,16 \text{ Voltios}$ y por tanto la potencia en un 15%. Por ello es importante colocar los paneles en un lugar en el que estén bien aireados.

Depende del clima y del tipo de aplicación. En condiciones ideales el rendimiento del sistema puede mejorar hasta un 40%, pero el mayor coste que supone no compensa el aumento que se consigue. Su aplicación se limita a aquellos casos en que el mayor rendimiento coincide con la mayor demanda (es el caso de sistemas de bombeo para el ganado en regiones muy secas).

Los diodos son componentes electrónicos que permiten el flujo de corriente en una única dirección. En los sistemas fotovoltaicos generalmente se utilizan de dos formas: como diodos de bloqueo y como diodos de ruta alterna (bypass).

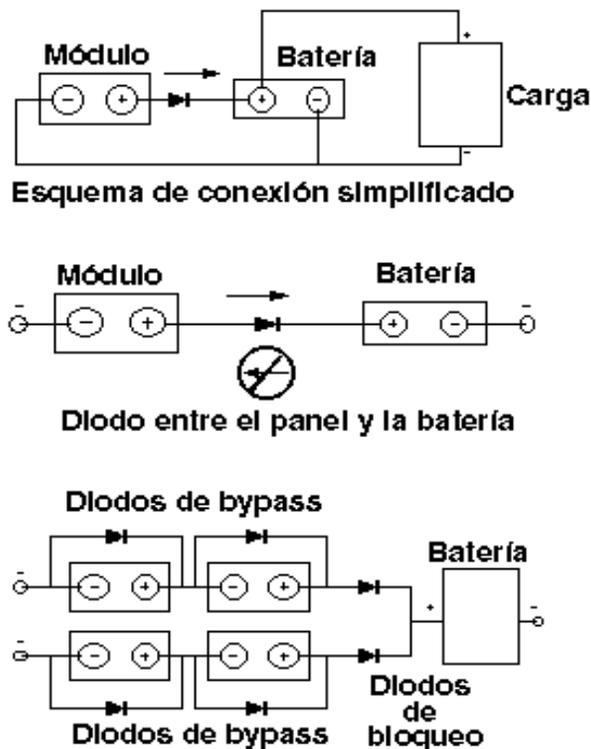


Figura 2.7 Esquemas de conexión con diodos

Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.

Los diodos de ruta alterna (bypass) protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 Voltios o menos.

Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él en paralelo, los diodos de ruta alterna (bypass) impiden que cada módulo individualmente

absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce una sombra.

2.5 Características que definen el comportamiento de una batería:

Son fundamentalmente dos: la capacidad en Amperios hora y la profundidad de la descarga.

2.5.1 Capacidad en Amperios hora:

Los Amperios hora de una batería son simplemente el número de Amperios que proporciona multiplicado por el número de horas durante las que circula esa corriente.

Sirve para determinar, en una instalación fotovoltaica, cuanto tiempo puede funcionar el sistema sin radiación luminosa que recargue las baterías. Esta medida de los días de autonomía es una de las partes importantes en el diseño de la instalación.

Teóricamente, por ejemplo, una batería de 200 Ah puede suministrar 200 A durante una hora, ó 50 A durante 4 horas, ó 4 A durante 50 horas, o 1 A durante 200 horas.

No obstante esto no es exactamente así, puesto que algunas baterías, como las de automoción, están diseñadas para producir descargas rápidas en cortos períodos de tiempo sin dañarse. Sin embargo, no están diseñadas para largos períodos de tiempo de baja descarga. Es por ello que las baterías de automoción no son las más adecuadas para los sistemas fotovoltaicos.

Existen factores que pueden hacer variar la capacidad de una batería:

2.5.2 Periodos de carga y descarga:

Si la batería es cargada o descargada a un ritmo diferente al especificado, la capacidad disponible puede aumentar o disminuir. Generalmente, si la batería se descarga a un ritmo más lento, su capacidad aumentará ligeramente. Si el ritmo es más rápido, la capacidad se reducirá.

2.5.3 Temperatura:

Otro factor que influye en la capacidad es la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería se cataloga a una temperatura de 27 grados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería.

2.5.4 Profundidad de descarga:

La profundidad de descarga es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga /descarga.

Las baterías de "ciclo poco profundo" se diseñan para descargas del 10 al 25% de su capacidad total en cada ciclo. La mayoría de las baterías de "ciclo profundo" fabricadas para aplicaciones fotovoltaicas se diseñan para descargas de hasta un 80% de su capacidad, sin dañarse. Los fabricantes de baterías de Níquel-Cadmio aseguran que pueden ser totalmente descargadas sin daño alguno.

La profundidad de la descarga, no obstante, afecta incluso a las baterías de ciclo profundo. Cuanto mayor es la descarga, menor es el número de ciclos de carga que la batería puede tener.

Las baterías de Plomo – ácido se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito.

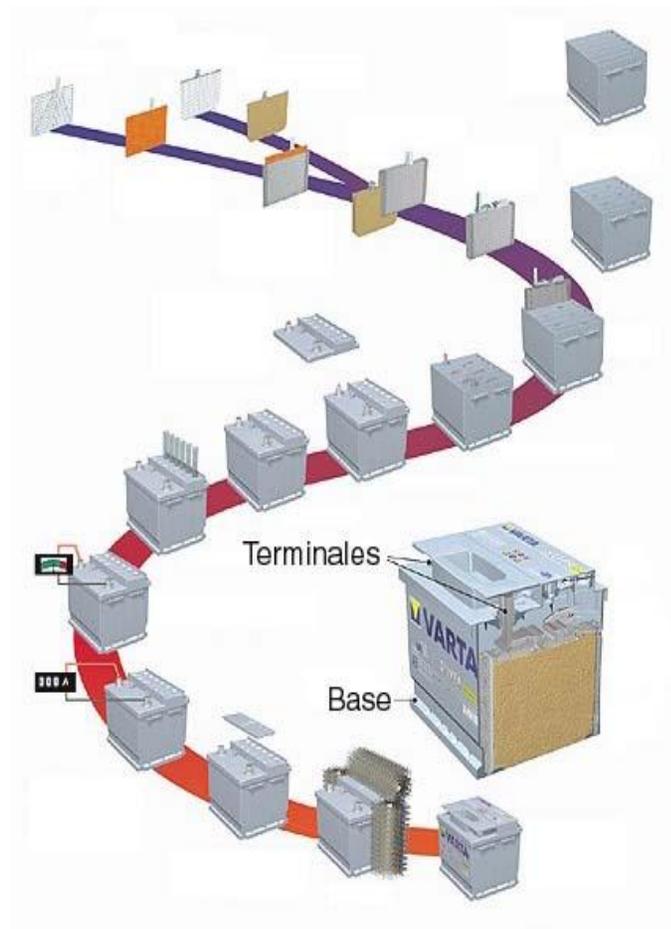


Figura 2.8 Construcción de una batería monoblock (VARTA)

El material de la rejilla es una aleación de Plomo porque el Plomo puro es un material físicamente débil, y podría quebrarse durante el transporte y servicio de la batería.

Normalmente la aleación es de Plomo con un 2-6% de Antimonio. Cuanto menor es el contenido en Antimonio, menos resistente será la batería durante el proceso de carga. La menor cantidad de Antimonio reduce la producción de Hidrógeno y Oxígeno durante la carga, y por tanto el consumo de agua. Por otra parte, una mayor proporción de Antimonio permite descargas más profundas sin dañarse las placas, lo que implica una mayor duración de vida de las baterías. Estas baterías de Plomo-Antimonio son del tipo de "ciclo profundo".

El Cadmio y el Estroncio se utilizan en lugar del Antimonio para fortalecer la rejilla. Estos ofrecen las mismas ventajas e inconvenientes que el Antimonio, pero además reducen el porcentaje de auto-descarga que sufre la batería cuando no está en uso.

El Calcio fortalece también la rejilla y reduce la auto-descarga. Sin embargo, el Calcio reduce la profundidad de descarga recomendada en no más del 25%. Por otra parte, las baterías de Plomo-Calcio son del tipo de "ciclo poco profundo".

Las placas positiva y negativa están inmersas en una solución de ácido sulfúrico y son sometidas a una carga de "formación" por parte del fabricante. La dirección de esta carga da lugar a que la pasta sobre la rejilla de las placas positivas se transforme en dióxido de Plomo. La pasta de las placas negativas se transforman en Plomo esponjoso. Ambos materiales son altamente porosos, permitiendo que la solución de ácido sulfúrico penetre libremente en las placas.

Las placas se alternan en la batería, con separadores entre ellas, que están fabricados de un material poroso que permite el flujo del electrolito. Son eléctricamente no conductores. Pueden ser mezclas de silicona y plásticos o gomas.

Los separadores pueden ser hojas individuales o "sobres". Los sobres son manguitos, abiertos por arriba, que se colocan únicamente sobre las placas positivas.

Un grupo de placas positivas y negativas, con separadores, constituyen un "elemento". Un elemento en un contenedor inmerso en un electrolito constituye una "celda" de batería.

Placas más grandes, o mayor número de ellas, suponen una mayor cantidad de Amperios hora que la batería puede suministrar.

Independientemente del tamaño de las placas, una celda suministrará sólo una tensión nominal de 2 voltios (para Plomo-ácido). Una batería está constituida por varias celdas o elementos conectados en serie, interna o externamente, para incrementar el voltaje a unos valores normales a las aplicaciones eléctricas. Por ello, una batería de 6 V se compone de tres celdas, y una de 12 V de 6.

Las placas positivas por un lado, y las negativas por otro, se interconectan mediante terminales externos en la parte superior de la batería.

2.5.5 Diferencias que hay entre las baterías de Plomo-ácido y las de Níquel-Cadmio:

Las baterías de Níquel-Cadmio tienen una estructura física similar a las de Plomo-ácido. En lugar de Plomo, se utiliza hidróxido de Níquel

para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. El electrolito es hidróxido de Potasio.

El voltaje nominal de un elemento de batería de Ni-Cd es de 1,2 V, en lugar de los 2 V de los elementos de batería de Plomo-ácido.

Las baterías de Ni-Cd soportan procesos de congelación y descongelación sin ningún efecto sobre su comportamiento. Las altas temperaturas tienen menos incidencia que en las de Plomo-ácido. Los valores de auto-descarga oscilan entre 3 y 6% al mes.

Les afectan menos las sobrecargas. Pueden descargarse totalmente sin sufrir daños. No tienen peligro de sulfatación. Su capacidad para aceptar un ciclo de carga es independiente de la temperatura.

El costo de una batería de Ni-Cd es mucho más elevado que el de una de Plomo-ácido; no obstante tiene un mantenimiento más bajo y una vida más larga. Esto las hace aconsejables para lugares aislados o de acceso peligroso.

Las baterías de Ni-Cd no pueden probarse con la misma fiabilidad que las de Plomo-ácido. Por tanto, si es necesario controlar el estado de carga, las baterías de Ni-Cd no son la mejor opción.

El Ni-Cd presenta el llamado "efecto memoria": la batería "recuerda" la profundidad de descarga y reduce su capacidad efectiva. Esto se debe a que el compuesto químico que se forma en una placa cargada tiende a cristalizar, por lo que si se le deja el tiempo suficiente queda inutilizada, perdiéndose capacidad. Este proceso no es irreversible pero si de difícil reversión.

La sulfatación de una batería de Plomo-ácido llega a suceder si deja llegar a la misma a un estado de descarga profunda durante un período prolongado de tiempo, se producirá su sulfatación. Parte del sulfuro del ácido se combinará con plomo procedente de las placas para formar sulfato de plomo. Si la batería no se rellena con agua periódicamente, parte de las placas quedarán expuestas al aire, y el proceso se verá acelerado.

El sulfato de plomo recubre las placas de forma que el electrolito no puede penetrar en ellas. Esto supone una pérdida irreversible de capacidad en la batería que, incluso con la adición de agua, no se puede recuperar.

2.5.6 Procedimiento para medir de carga de una batería:

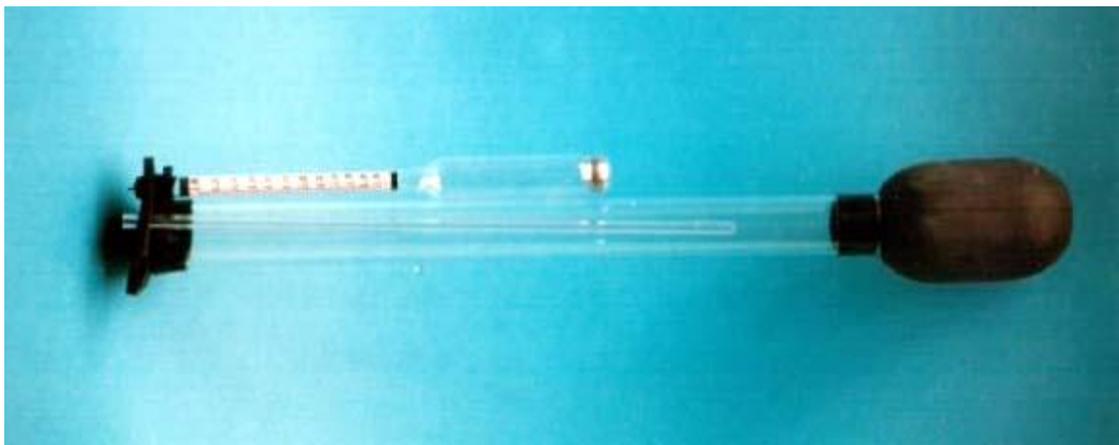


Figura 2.9 Un densímetro (sin ensamblar) de los usados en acumuladores estacionarios

La forma más sencilla es a través de la medida de la densidad o gravedad específica del líquido contenido en el acumulador (electrolito). La densidad expresa cuanto pesa el electrolito en comparación con la misma cantidad de agua, y se mide con un densímetro o hidrómetro. El densímetro más común es el utilizado para automoción, que indica la

carga en porcentaje. Presenta el inconveniente de que está calibrado para el electrolito utilizado en acumuladores de arranque y no estacionarios, por lo que marcará siempre menos de lo real (50% para un acumulador estacionario completamente cargado).

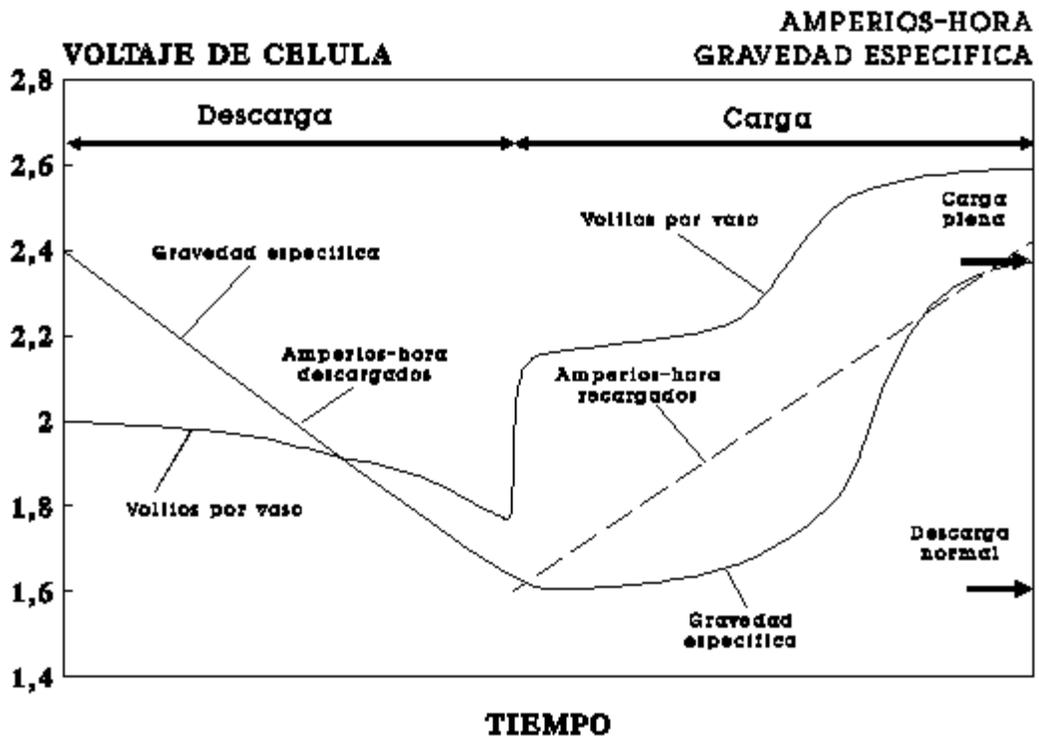


Figura 2.10 Densidad y voltaje típicos por vaso en un acumulador de plomo-ácido

Cuanto mayor es la gravedad específica del electrolito, mayor es el estado de carga. El voltaje de cada vaso, y por tanto el de la batería, es también mayor. La medida de la densidad durante el proceso de descarga nos dará una buena indicación del estado de carga. Durante el proceso de carga, la densidad retrasará la medida del estado de carga debido a que la mezcla completa del electrolito no se producirá hasta el comienzo de la gasificación, cerca del final del período de carga (ver figura. 2.10). En todo caso, esto no debe ser considerado como una medida absoluta de la capacidad de la batería y debe ser combinado con otras técnicas.

2.5.7 Efectos que tiene la conexión en serie o en paralelo de varias baterías sobre la capacidad y el voltaje de las mismas:

Las baterías pueden conectarse en serie para incrementar el voltaje, o en paralelo para incrementar la capacidad en Amperios hora del sistema de acumulación.

Al conectar en serie /paralelo se incrementan tanto el voltaje como la capacidad.

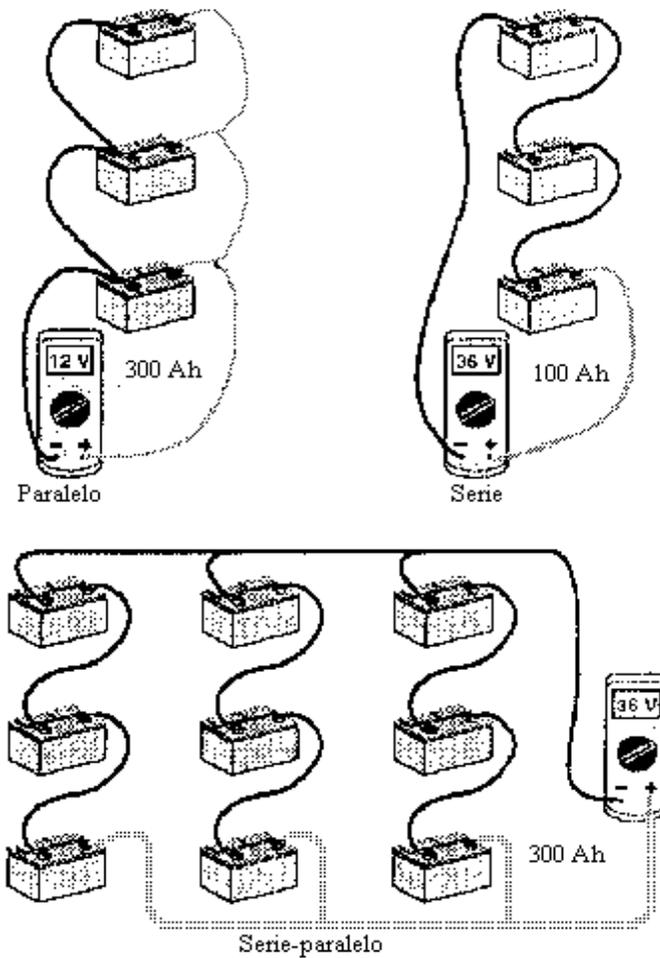


Figura 2.11 Baterías conectadas en paralelo, en serie y en serie paralelo

2.5.8 Efecto de descargar rápidamente una batería:

En primer lugar, no se obtiene toda la energía que es capaz de proporcionar la batería. Por ejemplo una batería descargada en 72 horas devuelve aproximadamente el doble de energía que si se descargase en sólo 8 horas.

Además las descargas rápidas producen deformaciones y la prematura desintegración de las placas de los elementos, que se depositan en el fondo de los recipientes en forma pulverulenta hasta llegar a cortocircuitar ambas placas, inutilizando la batería.

2.5.9 Efectos produce el calor en las baterías:

La elevación de temperatura es sumamente perjudicial para las baterías. Si la temperatura de los recipientes es superior a unos 40 °C, es necesario disminuir el régimen de carga.

2.5.10 Recomendaciones para la instalación de las baterías:

Debe buscarse un sitio donde la temperatura sea templada, evitando los lugares fríos o expuestos a las temperaturas bajas. Es preciso también evitar temperaturas inferiores a 0 grados ya que entonces la resistencia interna de las baterías aumenta mucho.

2.5.11 Peligro de dejar descargada una batería durante mucho tiempo:

El sulfato de plomo que cubre las placas se endurece cuando la batería se encuentra descargada; los poros, obstruidos, no dejan penetrar el electrolito y por lo tanto no pueden actuar en los elementos

activos de las placas, reduciéndose la capacidad efectiva. Esto hace además que sea muy difícil recargar una batería que se ha dejado sulfatar.

2.5.12 Causas más habituales por las que se sulfata una batería:

Las causas más habituales de sulfatación de una batería son:

- Dejarla descargada durante mucho tiempo.
- Añadir ácido puro al electrolito.
- Sobrecargas demasiado frecuentes.
- No haber añadido agua destilada en el momento oportuno.
- El trasvase de electrolito de unos vasos a otros.

2.5.13 Síntomas de que un elemento de batería se ha sulfatado:

Los síntomas más evidentes son:

- El densímetro registra siempre una densidad baja del electrolito, a pesar de que el elemento siempre se somete a la misma carga que los otros elementos.
- La tensión es inferior a la de los demás elementos durante la descarga y superior durante la carga.
- Es imposible cargar la batería a toda su capacidad.
- Las dos placas, positiva y negativa, tienen un color claro.
- En casos extremos, uno de los terminales sobresale más de lo normal debido a la deformación de las placas.

2.5.14 Clase de agua que se debe añadir a las baterías:

Únicamente agua destilada, o agua de lluvia. Debe guardarse en recipientes de vidrio bien limpios. El agua de lluvia, aunque es la mejor, debe recogerse sin que se ponga en contacto con metales (techos de zinc, etc), porque entonces adquiere impurezas. La recogida por un techo de tejas cerámicas o por una lona impermeable, por ejemplo, reúne buenas condiciones.

2.6 Empleo de un regulador de carga en una instalación fotovoltaica.

La función primaria de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico es proteger a la batería de sobrecargas o descargas excesivas. Cualquier instalación que utilice cargas impredecibles, intervención del usuario, sistema de acumulación optimizado o infradimensionado (para minimizar inversión inicial), o cualquier otra característica que pueda sobrecargar o descargar excesivamente la batería, requiere un regulador de carga. La falta del mismo puede ocasionar una reducción de la vida útil de la batería y una reducción de la disponibilidad de carga.

Los sistemas con cargas pequeñas, predecibles y continuas pueden diseñarse para funcionar sin necesidad de regulador. Si el sistema lleva un acumulador sobredimensionado y el régimen de descarga nunca va a superar la profundidad de descarga crítica de la batería, se puede prescindir del regulador.

2.7 Diferentes tipos de inversores que se pueden encontrar en el mercado.

Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. La corriente continua produce un flujo de corriente en una sola dirección, mientras que la corriente alterna cambia rápidamente la dirección del flujo de corriente de una parte a otra. La frecuencia de la corriente alterna en España es de 50

ciclos normalmente. Cada ciclo incluye el movimiento de la corriente primero en una dirección y luego en otra. Esto significa que la dirección de la corriente cambia 100 veces por segundo.

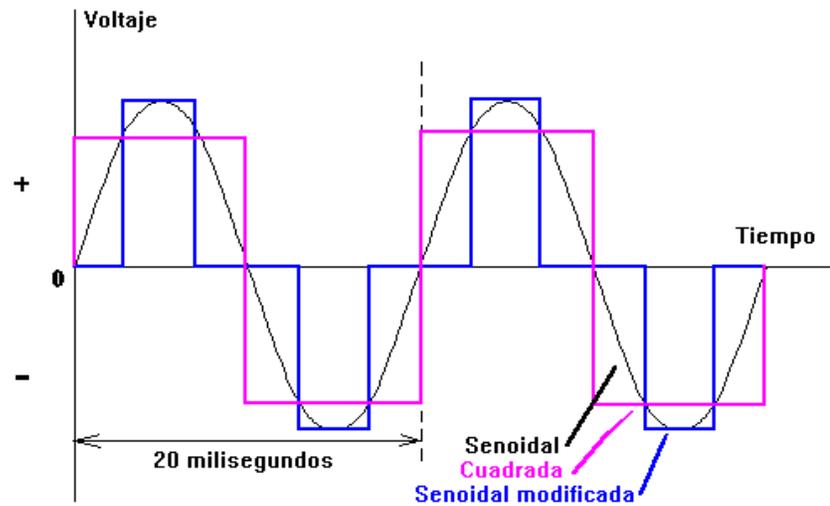


Figura 2.12 Diferentes formas de onda en corriente alterna (50Hz)

La corriente alterna suministrada por una compañía eléctrica o por un generador diesel o gasolina es (o debería ser) como la que se muestra en la Figura 2.12 en color negro. Los cambios en la magnitud de la tensión siguen una ley senoidal, de forma que la corriente también es una onda senoidal.

La conversión de corriente continua en alterna puede realizarse de diversas formas. La mejor manera depende de cuanto ha de parecerse a la onda senoidal ideal para realizar un funcionamiento adecuado de la carga de corriente alterna:

2.7.1 Inversores de onda cuadrada:

La mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a

través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 50 ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es "cuadrada", representada en la Figura 2.12 mediante color morado.

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos). No son aptos para motores de inducción

Si se desea corriente alterna únicamente para alimentar un televisor, un ordenador o un aparato eléctrico pequeño, se puede utilizar este tipo de inversor. La potencia de éste dependerá de la potencia nominal del aparato en cuestión (para un TV de 19" es suficiente un inversor de 200 W).

2.7.2 Inversores de onda senoidal modificada:

Son más sofisticados y caros, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. En el gráfico se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad /precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.

2.7.3 Inversores de onda senoidal:

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia). Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor añadido como telecontrol, contaje de energía consumida, selección de batería. Sin embargo su coste es mayor que el de los inversores menos sofisticados.

Puesto que sólo los motores de inducción y los más sofisticados aparatos o cargas requieren una forma de onda senoidal pura, normalmente es preferible utilizar inversores menos caros y más eficientes. Dentro de poco tiempo el coste de los inversores senoidales se acercará al de los otros, popularizándose su instalación.

2.7.4 Forma de dimensionar un inversor:

Los inversores deben dimensionarse de dos formas. La primera es considerando los Vatios de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua.

Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.

La segunda forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque. Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

2.8 Diferencia que hay entre cargas resistivas y cargas inductivas:

Una carga es cualquier dispositivo que absorbe energía en un sistema eléctrico. Los electrodomésticos, y aparatos eléctricos en general, se dividen en dos grandes grupos de cargas: resistivas e inductivas. Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos.

Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas. Normalmente son motores, tales como ventiladores o frigoríficos; o transformadores, que se encuentran en la mayoría de los aparatos electrónicos, tales como televisores, ordenadores o lámparas fluorescentes.

2.9 Tipos de elementos de iluminación más adecuados para instalar con los sistemas solares fotovoltaicos

Dadas las características de los sistemas fotovoltaicos, en los que la capacidad de acumulación de energía es limitada, los equipos de iluminación han de ser de elevado rendimiento y bajo consumo para aprovechar al máximo esa energía. Las más idóneas son las lámparas electrónicas, que dan

las mismas prestaciones luminosas que las bombillas convencionales pero ahorran aproximadamente un 80% de energía y tienen una duración 8 veces superior. Esto se debe a que el 95% de la energía que consumen las lámparas incandescentes se transforma en calor y no en luz, mientras que las electrónicas irradian mucho menos calor y transforman un 30% de la energía que consumen en luz. También pueden utilizarse fluorescentes convencionales pero siempre con reactancia electrónica.

2.10 Diferencias entre un bombeo solar directo y un bombeo convencional

Un bombeo solar convencional se compone de paneles, regulador, baterías, inversor (si es de alterna) y la bomba. En un bombeo solar directo se eliminan el regulador y las baterías, sustituyéndose el inversor por otro más barato. Esto reduce el precio de la instalación y su mantenimiento. A cambio solo se puede bombear durante el día, por lo que en algunas instalaciones es necesario almacenar el agua en un depósito, que haría la función de la batería. Si además el sistema de bombeo directo utiliza una bomba de desplazamiento positivo el rendimiento energético es casi el doble que el de un bombeo convencional, reduciéndose los paneles necesarios y el precio de la instalación, a pesar de que la bomba es más cara.

CAPITULO III

PROYECTO ADMINISTRATIVO:

SISTEMA DE CONTROL LOGISTICO PARA EL DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DEL PROGRAMA DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (SCL)

3.1 Definición del problema:

Desde que se inició el programa de electrificación rural por medio de sistemas Fotovoltaicos del Instituto costarricense de electricidad en el año de 1997, el objetivo principal ha sido la instalación de nuevos equipos. Se deja de lado el mantenimiento de los mismos para su buen funcionamiento, por lo que al pasar cierto periodo de tiempo las averías de los sistemas se han incrementado, y a falta de un planeamiento previo no se ha tenido en bodega la cantidad de repuestos necesaria para satisfacer esa demanda. Esto por cuanto no se cuenta con criterios adecuados de confiabilidad que permitan calcular con anticipación la fecha en la que se espera que los sistemas instalados, el día de hoy, comiencen a fallar. Además, no se cuenta con registros que digan las fechas en que los equipos fueron instalados y a cual cliente. Éste podría incurrir en abusos acortando la vida útil de los equipos aceleradamente sin que se tenga criterio para determinar si está sucediendo en realidad.

Debido a la poca planeación del mantenimiento, el problema se ha hecho más grande, debido a que hay una gran cantidad de solicitudes de equipos en lista de espera. Los aptos para atender esta demanda ya se encuentran en bodega, sin embargo, debido a la poca planeación, se ha tenido que tomar partes de estos equipos nuevos para atender las averías.

La demanda actual de repuestos es muy grande. Por falta de estos las averías se han ido acumulando y muchos equipos han fallado totalmente. Un ejemplo claro de esto es el proyecto fotovoltaico de Talamanca, Limón, donde las baterías comenzaron a fallar desde mediados del año pasado. No se previó

que las baterías de ese sistema ya estaban llegando al final de su vida útil, por lo que la compra de nuevas baterías no se ha efectuado aún y los encargados del proyecto se han visto obligados a tomar de las baterías que venían para los sistemas nuevos y satisfacer la demanda de más de 50 baterías que se deben cambiar.

La experiencia, al entrar a esta comunidad, ha sido un claro ejemplo de que a los sistemas no se les ha hecho ninguna visita de chequeo. Se puede encontrar desde paneles con suciedad o con sombras que no permiten el paso de la cantidad adecuada de luz solar, hasta cargas conectadas directamente a la batería, que consumen energía de la misma, sin ningún control, y la desgastan excesivamente.

Estas situaciones se dan debido al poco seguimiento que se le ha dado a cada sistema, ya que hay clientes que lo cuidan, pero hay otros que no lo hacen.

3.2 Introducción:

3.2.1 Objetivo general del SCL

Diseñar un Sistema de control logístico que contribuya a desarrollar y mantener el programa de electrificación solar.

3.2.2 Objetivos específicos del SCL.

- a. Desarrollar un sistema de información que permita llevar un control más ágil y eficiente sobre el proyecto fotovoltaico, manejando datos como información geográfica, historiales de clientes, control de inventarios, etc.
- b. Minimizar el tiempo que los clientes deben pasar con el sistema fotovoltaico averiado a falta de repuestos.
- c. Lograr que las diferentes partes de los sistemas no sufran un deterioro excesivo o prematuro que conlleve a una falla del sistema.
- d. Hacer que los años de servicio de cada sistema fotovoltaico sean cuando menos iguales a los años de vida útil proporcionados por el fabricante.
- e. Hacer que los sistemas Fotovoltaicos funcionen eficientemente, garantizando condiciones de operación seguras tanto para los usuarios como para el mismo sistema en cuanto rendimiento.
- f. Servir como medio para optimizar los costos de mantenimiento.

- g. Proporcionar la información necesaria para programar las visitas futuras a los proyectos así como la compra de repuestos para los cambios futuros.
- h. Brindar un registro de cada sistema que permita tanto al técnico encargado de dar mantenimiento, así como al cliente llevar un control de las visitas.
- i. Elaborar un historial de cada cliente que proporcione un control sobre las reparaciones hechas a cada sistema.
- j. Aportar información sobre los futuros instalaciones que contribuya al desarrollo logístico de los nuevos proyectos fotovoltaicos.

3.2.3 Ventajas del sistema de control logístico

- a. Disminuye la cantidad de dinero destinada para el pago de horas por mantenimiento, debido a que se reduce el tiempo dedicado a la reparación de averías.
- b. Reduce el número de reparaciones realizadas a un sistema, logrando una mayor disponibilidad de los técnicos electricistas para realizar otros trabajos, tales como: nuevas instalaciones.
- c. Mejor control de las reparaciones realizadas a cada sistema, lo que conduce a tener un inventario de repuestos mínimo.
- d. Mejor calidad de las instalaciones y o reparaciones, debido a que los técnicos electricistas trabajan sin presión por la carga de averías acumulada.

- e. Menor costo unitario por equipo al reducir la cantidad de reparaciones realizadas a un sistema Fotovoltaico.
- f. Mayor eficiencia del mantenimiento ya que permitirá establecer parámetro de demanda de repuestos para cada semestre lo que permitirá establecer las compras.

3.2.4 Metodología a seguir para el desarrollo del SISTEMA DE CONTROL LOGISTICO (SCL)

Para el desarrollo de este proyecto, se llevarán a cabo los siguientes pasos.

ETAPA No 1: Seleccionar los Equipos que formarán parte del SCL.

ETAPA No 2: Definir los objetivos específicos del sistema de control logístico para el desarrollo y mantenimiento del programa de electrificación rural.

ETAPA No 3: Valorar el Grado de Deterioro de los Equipos

ETAPA No 4: Codificación de los equipos

ETAPA No 5: Conformación de los tipos de equipo manejados por el proyecto fotovoltaico

ETAPA No 6: Estudio Técnico de los Equipos Fotovoltaicos.

ETAPA No 7: Formación del Archivo Técnico.

ETAPA No 8: Determinar las herramientas requeridas para llevar a cabo el proyecto.

ETAPA No 9: Desarrollar un sistema de información para ejercer un control ágil del SCL.

ETAPA No 10: Elaboración del Manual para el sistema de información.

ETAPA No 11: Mostrar ejemplos de situaciones específicas que pueden suceder con el sistema de información.

ETAPA No 13: Inicio del SCL.

ETAPA No 15: Evaluar el SCL

ETAPA No 16: Actualizar el SCL

Las últimas tres etapas, quedarán a criterio de las personas que estarán a cargo del SCL dentro del proyecto de electrificación rural.

3.2.5 Desarrollo de las etapas

Este sistema de control logístico (SCL), se ha desarrollado como una necesidad del área de Conservación de Energía del ICE de reducir la cantidad de tiempo que tardan los equipos Fotovoltaicos averiados y cumplir con los tiempos razonables para la instalación de nuevos equipos, desde que estos son solicitados, reducir los costos por compra de repuestos y mejorar la calidad del servicio.

ETAPA No. 1: Selección de los equipos fotovoltaicos para el SCL

Entre los criterios para la selección de los equipos se encuentran los siguientes:

El programa se encuentra constituido principalmente con cuatro tipos de equipos que se encuentran instalados en diferentes regiones del país y se desconoce la cantidad exacta, de equipos instalados, en todo el país.

La selección de estos se debe a que son los cuatro estándar de equipo más utilizados que actualmente se están instalando. Dos de ellos se utilizan para casas de habitación y los otros para escuelas, colegios y clínicas.

La mayoría de los repuestos para estos equipos, son importados y en otros casos se deben realizar adaptaciones de los mismos, que hacen que la eficiencia de estos se vea afectada al variar sus condiciones de trabajo.

La disponibilidad de información técnica es el medio de facilitar la comprensión del funcionamiento y constitución física de los sistemas.

Tabla 3.1 Selección de los Tipos de equipo para el Mantenimiento Preventivo de los sistemas Fotovoltaicos.

| Equipos | Importancia en el proceso | Costo de la falla | Disponibilidad información | SCL |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------|
| EQUIPO CON TABLERO: T1 | X | X | X | X |
| EQUIPO CON TABLERO: T2 | X | X | X | X |
| EQUIPO CON TABLERO: T3 | X | X | X | X |
| EQUIPO CON TABLERO: T4 | X | X | X | X |

Fuente: Datos obtenidos en análisis del proyecto.

ETAPA No. 2: Objetivo específico a alcanzar con el SCL

Un SCL, es una herramienta que brinda muchas ventajas para mejorar las condiciones del proyecto en aspectos administrativos y laborales, permitiéndole a éste, crecer tanto en rentabilidad como en imagen.

Esta es una etapa, que permitirá estimar las mejoras que se esperan con la aplicación del SCL, así como la evaluación del mismo.

La determinación de los objetivos específicos, se realizará a los tipos de equipo que formarán parte de cada proyecto así como los

componentes más esenciales de cada uno de los sistemas, lo que permitirá aplicar y evaluar de una manera más ágil el SCL.

Dentro de los aspectos por considerar para la definición de los objetivos específicos están:

- a. Que estos componentes son los que tienen el mayor costo de mantenimiento.
- b. La eficiencia global de los sistemas Fotovoltaicos es baja (en cuanto a horas en que se puede mantenerse encendido y la carga que puede alimentar).
- c. Algunas partes poseen componentes electrónicos que son muy delicados.
- d. Por la lejanía donde se encuentran los sistemas es muy difícil brindar un adecuado mantenimiento.
- e. Existe mucha lentitud entre la solicitud de un sistema fotovoltaico por parte del cliente y la instalación del mismo por parte del ICE.
- f. Los componentes que se dañan con más frecuencia son los más caros y difíciles de transportar.

Tabla 3.2 Objetivos específicos para las partes del proyecto y los componentes más esenciales que conforman un sistema Fotovoltaico.

| Nombre de la Parte | Objetivo Específico |
|--|---|
| SOLICITUDES DE NUEVOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS | Tener una atención más personalizada que permita reducir los tiempos de instalación |
| CLIENTES DEL PAIS | Tener un control más ágil que permita ubicar a los clientes geográficamente y mantener un historial de reparaciones de cada uno para determinar cuales son los clientes más problemáticos |
| CONTROL DE INVENTARIOS | Planificar la compra de repuestos así como ejercer un seguimiento más directo sobre los equipos que salen de la bodega principal. |
| BATERIA | Reducir la cantidad de cambios de batería hechos a un mismo sistema. |
| CONTROL DE CARGA | Reducir costos de mantenimiento |
| CONVERTIDOR | Reducir costos de mantenimiento |
| DISYUNTOR | Reducir costos de mantenimiento |
| GASA PARA BORNER | Reducir costos de mantenimiento |
| INVERSOR | Reducir costos de mantenimiento |
| LAMPARA | Reducir costos de mantenimiento |
| LOGO | Reducir costos de mantenimiento |
| PANEL SOLAR | Disminuir la caída prematura de la eficiencia en cuanto a la captación de luz |

Fuente: Datos obtenidos en análisis de Proyecto.

ETAPA No. 3. Determinar el grado de deterioro de los equipos

Se pudo constatar que, físicamente, la mayoría de los equipos se encuentran en condiciones normales de desgaste y con base en la opinión de los encargados del proyecto, así como los técnicos que brindan el mantenimiento a cada región. Se consideró que el deterioro de los equipos es normal y pueden tomarse en cuenta para el PCL; esto se debe a que dentro del proyecto no existen parámetros de funcionamiento global, o estándares, para tener un índice de la cantidad de horas que puede mantenerse en funcionamiento un sistema Fotovoltaico sin requerir mantenimiento correctivo.

ETAPA No. 4. Codificación de los sistemas Fotovoltaicos

El área de conservación de energía cuenta con un listado numerado de los clientes de cada región con sistemas fotovoltaicos que se ha ido llenando de manera ascendente. Este listado actualmente se encuentra desactualizado debido a la gran cantidad de retiros, traslados e instalaciones nuevas de equipo. Además, en algunas regiones, esta numeración ha sido cambiada en los listados para comodidad de los cobros del arrendamiento y ha generado números de paneles repetidos con los de otras regiones. Por esto se requiere de manejar otro tipo de datos tales como: región del país, número de cédula del cliente, y coordenadas geográficas del punto donde se encuentra el equipo instalado, para poder clasificar cada uno de los sistemas fotovoltaicos por aparte.

La estructura del código para la identificación de los sistemas fotovoltaicos estará conformado de la siguiente manera:

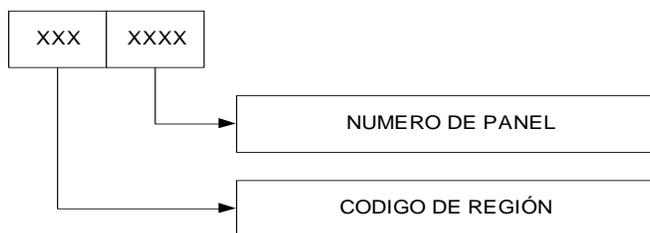


Figura 3.1 código, sistema fotovoltaico

Código de región: formado por las iniciales del nombre de la región en la que se encuentra instalado el sistema fotovoltaico.

Número del Panel: constituido por el número asignado a cada sistema una vez que este sale de la bodega central ubicada en San José C. R.

La estructura del código para las piezas que se cambien en las reparaciones estará conformada de la siguiente manera:

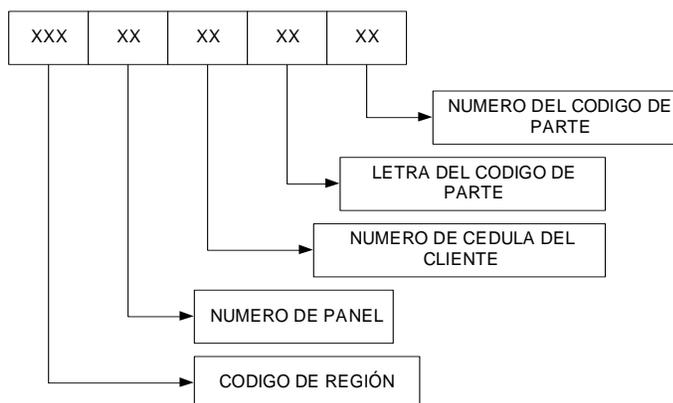


Figura 3.2 Código partes del sistema fotovoltaico

Código de región: constituido por el nombre de la región en la que se encuentra instalado el sistema fotovoltaico.

Número del Panel: constituido por el número asignado a cada sistema una vez que sale de la bodega central ubicada en San José C. R.

Número de cédula del cliente: constituido por el número de cédula del cliente que arrienda el sistema reparado.

Letra del código de parte: Constituido por la inicial o iniciales del nombre genérico que recibe cada parte del sistema.

Número del código de parte: Asignado a cada equipo del mismo género pero con características diferentes tales como: marca, modelo y capacidad.

Tabla 3.3 Codificación de las regiones del país donde se encuentran instalados los sistemas Fotovoltaicos.

| Nombre de la región | Código de Región |
|----------------------------|-------------------------|
| BRUNCA RIO CLARO | BRC |
| BRUNCA SAN ISIDRO | BSI |
| CENTRAL | CE |
| CHOROTEGA | CHO |
| HUETAR LIMON | HL |
| HUETAR TURRIALBA | HT |
| PACIFICO CENTRAL | PC |
| PACÍFICO SUR | PS |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos

Tabla 3.4 Codificación de las partes principales que conforman (genéricamente) un sistema Fotovoltaico.

| Nombre de la Parte | Letra del Código de Parte |
|---------------------------|----------------------------------|
| APAGADOR | AP |
| BATERIA | B |
| CABLE BAJANTE | BA |
| BASE BATERIA | BB |
| CONTROL DE CARGA | CC |
| CONVERTIDOR | CO |
| DISYUNTOR | D |
| FUSIBLE | F |
| GASA PARA BORNER | G |
| INVERSOR | I |
| LAMPARA | L |
| LOGO | LO |
| PANEL SOLAR | P |
| PORTA FUSIBLE | PF |
| CABLE 12 | R |
| CABLE 10 | T |
| VARILLA TIERRA | VT |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos.

Tabla 3.5 (Primera Parte) Codificación de las partes que conforman cada uno de los sistemas fotovoltaicos según su género, marca, modelo y capacidad.

| Letra de código | Número de parte | Nombre | Marca | Modelo | Capacidad |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------|
| AP | 1 | APAGADOR | APAGADOR | APAGADOR | |
| B | 1 | BATERIA | TUDOR | HIGHPOWER H4 | 115 A/hr |
| B | 2 | BATERIA | TROJAN | SM1 | 115 A/hr |
| B | 3 | BATERIA | PREVALIER | PV - 30H | 95 A/hr |
| B | 4 | BATERIA | DUNCAN | PV - 4D | 120 A/hr |
| B | 5 | BATERIA | PREVALIER | SP - 120 - 12 | 165 A/hr |
| BA | 1 | CABLE BAJANTE | AWG | 3X8 | 3X8 AWG |
| BA | 2 | CABLE BAJANTE | AWG | 2X8 | 2X8 AWG |
| BB | 1 | BASE BATERIA | | SIMPLE | 1 BATERIA |
| BB | 2 | BASE BATERIA | | DOBLE | 2BATERIA |
| CC | 1 | CONTROL DE CARGA | MORNINGSTAR | SS - 10 | 10 A |
| CC | 2 | CONTROL DE CARGA | MORNINGSTAR | SS - 6 | 6.5 A |
| CC | 3 | CONTROL DE CARGA | BPSOLAR | GCR3000 | 20 A |
| CC | 4 | CONTROL DE CARGA | GP | GPCC-12-20-2 | 10 A |
| CC | 5 | CONTROL DE CARGA | CONDUMEX | CONTROL MEDIDOR | 20 A |
| CC | 6 | CONTROL DE CARGA | STECA | SR - 8 | 8 A |
| CO | 1 | CONVERTIDOR | CONDUMEX | CONVERTIDOR | 1.7 A |
| CO | 2 | CONVERTIDOR | GP | GPA - 12 - 03 | 3 A |
| D | 1 | DISYUNTOR | SIEMENS | U1 | 4 A |
| D | 2 | DISYUNTOR | SIEMENS | U2 | 6 A |
| D | 3 | DISYUNTOR | SIEMENS | U3 | 40 A |
| D | 4 | DISYUNTOR | LG | U4 | 4 A |
| D | 5 | DISYUNTOR | LG | U5 | 6 A |
| I | 1 | INVERSOR | Trace ENGINEERING | DR2412 | 2400 w |
| I | 2 | INVERSOR | Trace ENGINEERING | TS512E | 400 w |
| I | 3 | INVERSOR | VECTOR | VEC050 | 1500 w |
| I | 4 | INVERSOR | VECTOR | VEC024 | 400 w |
| I | 5 | INVERSOR | VECTOR | VEC023 | 175 w |
| I | 6 | INVERSOR | PORTAWATTZ | PORTAWATTZ | 300 w |
| I | 7 | INVERSOR | WHISTLER | PP140AC | 140 w |
| I | 8 | INVERSOR | CHEROKEE | PI - 150 | 150 w |
| I | 9 | INVERSOR | EXELTECH | XP250 | 250 w |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos.

Tabla 3.6 (Segunda Parte) Codificación de las partes que conforman cada uno de los sistemas fotovoltaicos según su género, marca, modelo y capacidad.

| Letra de código | Número de parte | Nombre de la parte | Marca | Modelo | Capacidad |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|-----------|------------|
| L | 1 | LAMPARAS | GP | DE TUBO | 13 w |
| L | 2 | LAMPARAS | STECA | DE SOCKET | 11 w |
| LO | 1 | LOGO | SIEMENS | S7-200 | 3.1 v |
| P | 1 | PANEL SOLAR | SIEMENS | SR100 | 100 w |
| P | 2 | PANEL SOLAR | SIEMENS | SR75 | 75 w |
| P | 3 | PANEL SOLAR | ASTROPOWER | AP - 1206 | 120 w |
| P | 4 | PANEL SOLAR | SIEMENS | SR65 | 65 w |
| P | 5 | PANEL SOLAR | SIEMENS | SR36 | 36 w |
| R | 1 | CABLE PARIADO | AWG | #12 | A |
| TI | 1 | CABLE TIERRA | AWG | #10 | A |
| VT | 1 | VARILLA TIERRA | COBRE ALIADO | 1,80 m | para rayos |
| F | 1 | FUSIBLE | | | 8 A |
| F | 2 | FUSIBLE | | | 12 A |
| F | 3 | FUSIBLE | | | 20 A |
| F | 4 | FUSIBLE | | | 30 A |
| PF | 1 | PORTA FUSIBLE | | | |
| T | 1 | TIPO TABLERO 1 | | | I-1 |
| T | 2 | TIPO TABLERO 2 | | | I-2 |
| T | 3 | TIPO TABLERO 3 | | | I-9 |
| T | 4 | TIPO TABLERO 4 | | | I-10 |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos.

Nota: Los tipos de tablero se clasificaron de acuerdo al inversor con el que vienen de fábrica

Tabla 3.7 Tipo de utilización que van a tener los equipos Fotovoltaicos una vez instalados.

| UTILIZACIÓN | CODIGO DE |
|--------------------|-----------|
| CASA DE HABITACION | CH |
| CLINICA | CL |
| ESCUELA | ESC |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos.

ETAPA No. 5: Conformación de los tipos de equipo manejados por el proyecto fotovoltaico

Este proyecto se ha especializado en satisfacer dos tipos de necesidades esenciales que tienen las comunidades que son la electrificación de escuelas, colegios, clínicas y casas de habitación. El proyecto maneja principalmente dos tipos de equipo que se presentan a continuación.

Tabla 3.8 Constitución de los tableros de equipo Fotovoltaico que se utilizan para diferentes aplicaciones o usos.

| TABLERO | | CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE CADA COMPONENTE | | | |
|-------------------|-------------------|--|------------------|-------------|-------------|
| Genero de Tablero | Número de Paquete | Nombre | MARCA | MODELO | CAPA-CIDAD. |
| T | 1 | INVERSOR | TraceENGINEERING | DR2412 | 2400 w |
| | | CONTROLADOR DE CARGA | BP SOLAR | GCR 3000 | 20 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 6 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 4 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 40 A |
| T | 2 | INVERSOR | TraceENGINEERING | TS512E | 400 w |
| | | CONTROLADOR DE CARGA | BP SOLAR | GCR 3000 | 20 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 6 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 4 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 40 A |
| T | 3 | INVERSOR | EXELTECH | XP250 | 250 w |
| | | CONTROLADOR DE CARGA | MORNINGSTAR | PROSTAR-30 | 30 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 6 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 4 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 40 A |
| T | 4 | INVERSOR | VANNER | VLT12 - 600 | 600 w |
| | | CONTROLADOR DE CARGA | MORNINGSTAR | PROSTAR-30 | 30 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 6 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 4 A |
| | | DISYUNTOR | SIEMENS | Unipolar | 40 A |

Fuente: Sistema de información de para los sistemas Fotovoltaicos.

ETAPA No. 6: Estudio Técnico de los equipos Fotovoltaicos.

Pasos por seguir para llevar a cabo un estudio técnico de los equipos que forman parte del programa

- a) Elaborar un diagrama o plano que muestre genéricamente la forma en que se encuentran conectados los equipos fotovoltaicos utilizados por el ICE y explicar el funcionamiento de cada una de las partes.
- b) Hacer un estudio completo sobre los componentes de los equipos que deben de ser cambiados con más frecuencia.
- c) Mostrar la cantidad de equipo que conforman cada uno de los tipos sistemas fotovoltaicos que se manejan en el proyecto fotovoltaico.

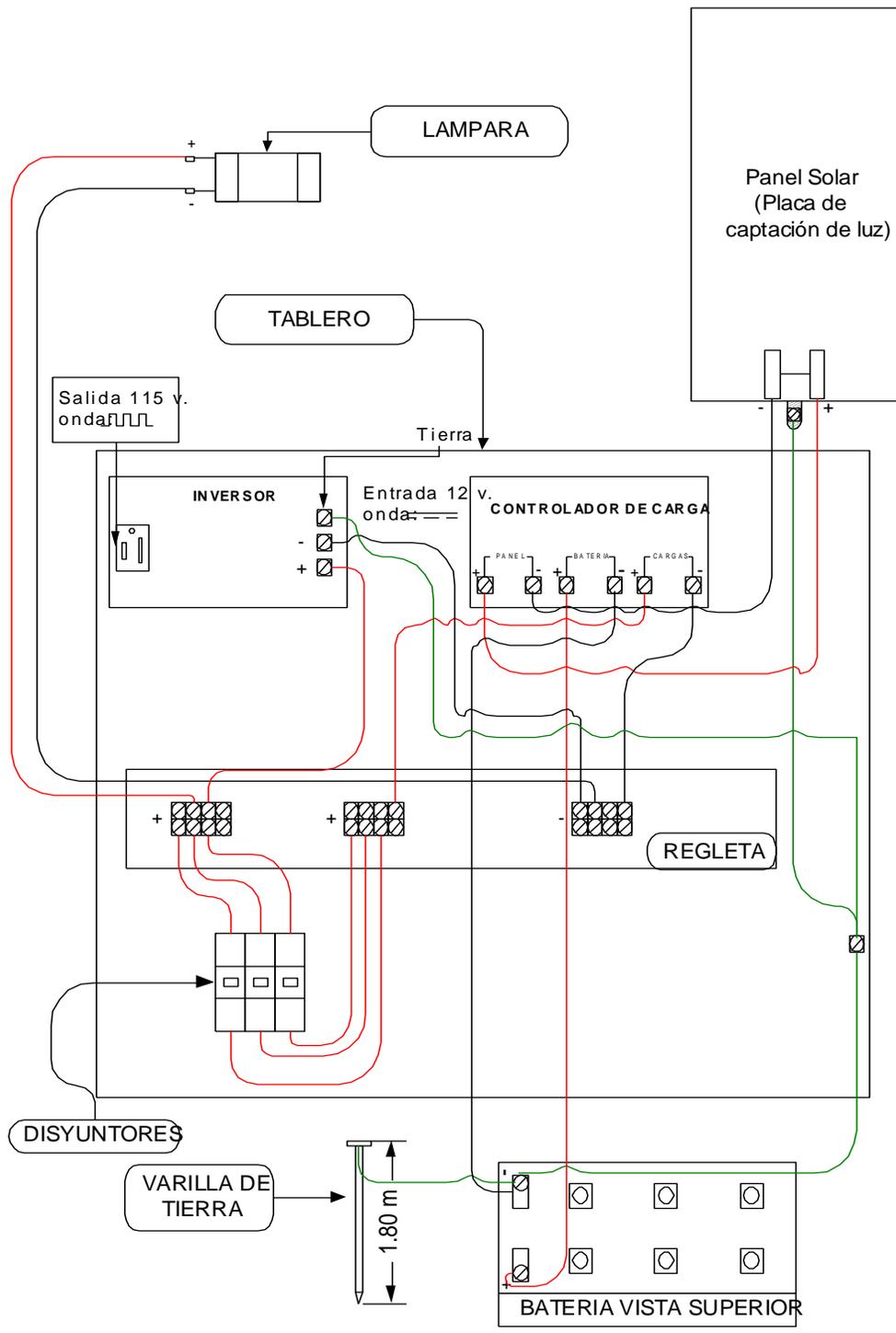


Figura 3.3 Diagrama de conexión genérico de un sistema Fotovoltaico utilizado en Costa Rica.

a) Descripción del funcionamiento del sistema fotovoltaico genérico utilizado en Costa Rica.

Como se puede apreciar en la figura 2.13, el sistema fotovoltaico utilizado generalmente en el proyecto de electrificación rural del ICE, es un híbrido de los tipos de sistemas mostrados en las figuras 2.3 y 2.4, ya que en este tipo de sistema se pueden conectar cargas en corriente alterna y en corriente directa.

A continuación se describe cada una de las partes que conforman el sistema utilizado en el proyecto:

Panel Solar: Es la placa que se ubica de cara al sol, fabricada de silicio y aluminio, principalmente. Su función es captar la luz emitida por el sol para transformarla en energía eléctrica y llevar esta por medio de un cable de tres ramales, (positivo, negativo y tierra), hacia el controlador de carga.

Controlador de carga: Su función es, como su nombre lo dice, controlar la carga, en dos etapas diferentes que son:

- 1) La primera etapa es recibir la corriente del panel solar y enviarla a la batería una vez que alcanza el voltaje tope de 13,5 v aproximadamente el controlador de carga censa este valor y desconecta la alimentación.
- 2) La segunda etapa es la de tomar la corriente de la batería y enviarla a la regleta donde se conectan las cargas (inversor y luces) censando el voltaje de la batería que va disminuyendo. Una vez que se alcanza el voltaje límite inferior de 11.4, aproximadamente, el controlador desconecta las cargas para protegerlas de un voltaje bajo, y a la batería de una descarga profunda.

Nota: El controlador de carga estará cargando la batería, siempre y cuando el voltaje de la misma se encuentre dentro del rango de 11.4 v a 13.5 v, y haya luz solar, por lo que las dos etapas mencionadas anteriormente pueden darse simultáneamente.

Batería: Es el elemento del equipo donde se guarda la carga eléctrica para que esta sea aprovechada para iluminación o para radio y televisión. En este proyecto se manejan, hasta la fecha, dos tipos de batería: las de ácido, que necesitan cierta cantidad de agua cuando la batería así lo requiera y las baterías de gel que no requieren agua y por lo tanto son libres de mantenimiento.

Regleta: Es el lugar donde se conectan las cargas, constituida por una sección de polo negativo y otra sección de polo positivo donde se conectan los disyuntores y de estos se alimenta la segunda sección de polo positivo que se conecta a las cargas.

Disyuntores: Son los dispositivos utilizados para proteger las cargas del sistema, de sobre corrientes y protegen también a los usuarios del sistema, cuando se produce un corto circuito en los equipos.

Inversor: Es el dispositivo encargado de tomar la onda de corriente directa a 12 v que proviene de la regleta y transformarla en una onda de corriente alterna a 115. Para poder alimentar radios, televisiones o equipo de comunicación, el inversor irá aterrizado en su carcasa siempre y cuando los polos negativos en el controlador de carga se encuentren interconectados entre sí, para asegurar un voltaje de salida polarizado.

Lámparas: Es un dispositivo emisor de luz constituida por un fluorescente compacto y su respectiva carcasa alimentada a 12 v.

Varilla de tierra: Cumple la función de desviar las sobrecargas provenientes de descargas atmosféricas (rayos), hacia la tierra para que la descarga no sobre cargue los equipos y los dañe. Sin embargo, debido que los sistemas fotovoltaicos se deben conectar aisladamente, la varilla de tierra, en muchas ocasiones, tiene una resistencia muy alta, lo que impide que esta cumpla su propósito.

b) Estudio completo sobre los componentes de los equipos que deben de ser cambiados con más frecuencia.

Objetivo:

Definir un criterio que permita establecer la época en que van a comenzar a fallar los sistemas los componentes de sistemas fotovoltaicos que con más frecuencia fallan.

Los pasos para desarrollar este estudio son los siguientes:

- 1) Averiguar cuales han sido los componentes del sistema fotovoltaico que con más frecuencia se han tenido que cambiar.
- 2) Recolectar información sobre las características propias de cada uno de estos componentes.
- 3) Hacer un listado de las razones porque estos equipos deben ser reemplazados.
- 4) Tomar una muestra de cantidad y establecer un criterio estadístico sobre la cantidad de equipo del mismo lote que tendrá que ir siendo remplazada al pasar del tiempo.

Desarrollo:

- 1) De acuerdo al recuento de las reparaciones que se han realizado en las últimas visitas a cada una de las comunidades electrificadas con sistemas fotovoltaicos se pudo constatar que los componentes que con más frecuencia se debieron cambiar son los siguientes:

Tabla 3.9 Cantidad de componentes de sistemas fotovoltaicos que con más frecuencia se han debido de cambiar en el último semestre del año en curso

| Nombre del componente | Cantidad de cambios realizados | Porcentaje de cambios |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Batería | 43 | 24,57% |
| Controlador de carga | 30 | 17,14% |
| Inversor | 10 | 5,71% |
| Panel Solar | 2 | 1,14% |
| Lámpara | 40 | 22,86% |
| Apagadores | 50 | 28,57% |

Fuente: Datos recolectados en giras de mantenimiento.

De la tabla anterior se puede concluir que los componentes que con más frecuencia se dañan, en orden de costo de la avería, son: Batería, controlador de carga, inversor, panel solar, lámpara y apagadores.

Debido al costo de la avería y a la incidencia de la misma se tomarán como componentes de estudio a las baterías para sistemas fotovoltaicos

2) Características propias de las baterías para sistemas Fotovoltaicos.

Capacidad: La capacidad de una batería se define como el producto de la intensidad de descarga en amperios, por el número de horas que dura dicha descarga hasta alcanzar un valor determinado de tensión final.

Los factores que influyen en la capacidad de las baterías son:

- Factores dependientes de la fabricación y diseño:
 - a) Tipo de placa (planté, empastadas, tubular).
 - b) Dimensiones y número de placa (cantidad de materia activa)
 - c) Separación de placas (paso).
 - d) Resistencias de componentes: terminales, conexiones, etc.
 - e) Densidad del electrolito.
 - f) Tipo de electrolito (libre, absorbido o gelificado).

- Factores dependientes de la utilización:
 - a. Tensión final.
 - b. Régimen de descarga.
 - c. Temperatura.

El régimen para las baterías con aplicaciones en energía solar fotovoltaica es definida en 100 horas, lo que las clasifica en baterías de **ciclo profundo**. En las baterías de tracción este régimen es de 5 a 20 horas, ya que en las baterías de ciclo profundo la corriente tiene mayor tendencia a circular.

Tensión de carga. Puede oscilar por elemento. La diferencia de un valor a otro estriba en el tiempo preciso para recargar la batería. La tabla que se presenta a continuación muestra los tiempos de carga orientados con diferentes tensiones y para diversas profundidades de descarga.

Tabla 3.10 Tensión de carga

| LIMITACION INTENSIDAD (A) | PROFUNDIDAD DE DESCARGA | TIEMPO PRECISO PARA ALCANZAR EL 95 % DE GARGA (h) | | TIEMPO PRECISO PARA ALCANZAR EL 95 % DE GARGA (h) | | | |
|---------------------------|-------------------------|---|------|---|------|------|-----|
| | | TENSION DE CARGA (VOLTIOS) | | TENSION DE CARGA (VOLTIOS) | | | |
| | | 2,25 | 2,33 | 2,4 | 2,25 | 2,33 | 2,4 |
| ,251 máx | 25% | 28 | 12 | 10 | 105 | 34 | 26 |
| | 50% | 41 | 16 | 15 | 110 | 37 | 33 |
| | 75% | 51 | 22 | 20 | 117 | 43 | 40 |
| | 100% | 60 | 26 | 24 | 122 | 48 | 45 |
| ,51 máx | 25% | 29 | 10 | 8 | 105 | 32 | 25 |
| | 50% | 39 | 12 | 10 | 110 | 34 | 29 |
| | 75% | 44 | 15 | 13 | 113 | 37 | 32 |
| | 100% | 50 | 17 | 15 | 116 | 40 | 35 |
| ,751 máx | 25% | 29 | 9 | 7 | 103 | 31 | 24 |
| | 50% | 39 | 11 | 9 | 107 | 33 | 28 |
| | 75% | 43 | 13 | 10 | 110 | 35 | 30 |
| | 100% | 45 | 14 | 13 | 113 | 37 | 32 |
| 1 máx | 25% | 24 | 9 | 6 | 95 | 30 | 18 |
| | 50% | 32 | 10 | 8 | 97 | 32 | 20 |
| | 75% | 34 | 12 | 9 | 98 | 34 | 23 |
| | 100% | 35 | 13 | 12 | 100 | 36 | 24 |

Fuente: Manual de sistemas fotovoltaicos para electrificación rural

El valor elegido condiciona el que se produzca gasificación en mayor o menor medida, con la consiguiente repercusión en el mantenimiento y duración de la batería.

Tensión de flotación. La carga de flotación es una variante de la carga de tensión constante y es el sistema de trabajo más común de las baterías estacionarias. Tiene como objeto compensar las pérdidas, manteniendo la batería en un estado de carga elevado.

Consiste en alimentar a la batería permanentemente con una tensión constante de un valor tal que la intensidad suministrada compense las pérdidas por auto descarga y también sea capaz de recargar la batería cuando esta haya suministrado la energía requerida por el receptor.

En presencia de la corriente alterna de la red, el rectificador mantiene la tensión necesaria en la batería y a la vez, suministra el consumo permanente al equipo receptor. Al producirse un fallo en el suministro de la red alterna, la batería alimenta al equipo receptor, a través de un ondulator. Una vez reanudado el suministro de la red, el rectificador de nuevo entra en servicio y repite el ciclo. En este momento el nivel de su señal de salida es superior al de la alimentación ordinaria debido al mayor consumo de la batería para reponer la recarga de esta.

La tensión de flotación debe ser mantenida en el valor adecuado comprobándose periódicamente y siendo corregida, si es necesario, directamente en el rectificador.

Durante el proceso de flotación, no todos los elementos se mantienen a lo largo del tiempo en un nivel completo de carga, sobre todo, si la batería no sufre ciclos de descarga. Ocurre que, gradualmente, pierde capacidad, por lo que es necesario darle una recarga o carga de igualación de voltaje máximo permitido del sistema, hasta que alcance el nivel de carga completo.

La determinación del nivel adecuado del voltaje de flotación depende de diversos factores:

- b. Tipo de batería.
- c. Temperatura.
- d. Densidad.

Entonces se fija en función de la densidad y la periodicidad con que se desee efectuar cargas de igualación.

Carga de la batería. El método de carga más comúnmente aplicado es el de carga a tensión constante. En teoría, consiste en aplicar al acumulador una tensión constante de aproximadamente 2,4 V., por elemento. En la práctica, esta tensión no puede ser constante durante todo el tiempo, pues la intensidad inicial de carga que correspondería a esta tensión sería

extremadamente elevada; se limita pues la intensidad máxima, al valor que puede suministrar el equipo, dejándose variable la tensión inicialmente hasta alcanzar los 2.4 V.

Tiempo de Carga. La recarga siguiente a una descarga puede realizarse a la misma tensión que se utiliza para la flotación, lo que significa tanto las características del equipo como el sistema de trabajo de la instalación.

Alternativamente, por las características del equipo o por la necesidad de reducir el tiempo necesario para situar la batería, en situación de plena carga, se puede emplear una tensión superior al valor utilizado en la flotación.

Esta carga se debe realizar a una tensión comprendida entre 2,25 y 2,50 voltios

3) A continuación se muestran las causas por las que estos equipos fallan.

Tabla 3.11 Causas principales de averías en los componentes de equipos Fotovoltaicos.

| Nombre del componente | CAUSA DE LA AVERÍA | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| | Fin de vida útil | Abuso del cliente | fatiga Mecánica | Falla Interna | Descarga Atmosférica (Rayería) | Actos bélicos |
| Batería | 22% | 70% | x | x | 8% | x |
| Controlador de carga | 15% | x | 10% | 75% | x | x |
| Inversor | 15% | x | x | 85% | x | x |
| Panel Solar | x | x | x | x | 5% | 90% |
| Lámpara | 100% | x | x | x | x | x |
| Apagadores | 10% | x | 80% | 10% | x | x |

Fuente: Datos recolectados en giras para mantenimiento.

- 4) Desarrollo de criterio estadístico para la planificación de futuras compras de equipo.

Para el desarrollo de este criterio se utilizará como ejemplo la cantidad de baterías instaladas.

Las compras de baterías, desde que se inició el proyecto de sistemas fotovoltaicos, se han realizado de la siguiente manera:

Tabla 3.12 Compras de baterías realizadas

| Marca | Modelo | Capacidad | Cantidad comprada | Fecha de entrada a bodega Principal |
|-----------|---------------|-----------|-------------------|-------------------------------------|
| TROJAN | SM1 | 115 A/hr | 30 | 01/03/1997 |
| TUDOR | HIGHPOWER H4 | 115 A/hr | 435 | 08/10/1998 |
| DUNCAN | SP – 160 – 12 | 120 A/hr | 140 | 01/03/2000 |
| PREVALIER | PV – 30H | 95 A/hr | 95 | 9/72001 |
| PREVALIER | PV – 30H | 95 A/hr | 100 | 11/5/2001 |
| PREVALIER | PV – 4D | 165 A/hr | 30 | 21/6/2001 |

Fuente: Datos recolectados en archivos del proyecto fotovoltaico.

En la última Licitación se compraron 1000 baterías de la marca Prevalier modelo PV – 4D, de las cuales ya se han entregado 700 a la bodega principal y todas las baterías averiadas que se han reemplazado en el último semestre, han sido sustituidas por una batería de este modelo.

En este último semestre se han realizado 62 cambios de batería distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3.13 Cambios de baterías en el segundo semestre del año 2002

| Cantidad de cambios | Batería Anterior | | | Batería Actual | | |
|---------------------|------------------|---------------|-----------|----------------|---------|-----------|
| | Marca | Modelo | Capacidad | Marca | Modelo | Capacidad |
| 40 | TUDOR | HIGH-POWER H4 | 115 A/hr | PREVALIER | PV - 4D | 165 A/hr |
| 15 | DUNCAN | SP - 160 - 12 | 120 A/hr | | | |
| 7 | PREVALIER | PV - 4D | 95 A/hr | | | |

Fuente: Datos recolectados en giras para mantenimiento.

Nota: Las baterías de la marca Trojan ya habían sido sustituidas en su totalidad.

De acuerdo con la cantidad de cambios realizados, la principal causa de falla en baterías es por abuso de los clientes, seguida de fin de la vida útil. Se ha considerado que la vida útil que el fabricante le da a la batería, es, en promedio, de 4 a 5 años. En el caso de las baterías del proyecto de electrificación rural, este dato va a variar y disminuye la esperanza de vida de las baterías.

Debido a estas razones, se debe estimar una incidencia de cambios para cualquier tipo de batería, de acuerdo a los años de servicio. Por no tener un registro previo que brinde la fecha específica en que fueron instaladas estas baterías, ni a qué lote pertenecían, se realizará independientemente de la marca de la manera siguiente:

De las baterías compradas el segundo semestre del año 1998, que fueron 435 unidades, en el segundo Semestre del año 2002 se cambiaron 40 unidades, lo que equivale al 9.195 % del lote.

De las baterías compradas el primer semestre del año 2000, que fueron 140 unidades, en el segundo semestre del año 2002 se cambiaron 15 unidades, lo que equivale a un 10.714 % del lote. De las baterías compradas el segundo semestre del año 2001, que fueron 195, en el segundo semestre del año 2002, se cambiaron 7 baterías, lo que equivale a un 3.58 %.

Debido a que no se realizaron compras de baterías en el año 1999, el porcentaje de baterías reemplazados por lote se promediará con los porcentajes de baterías cambiadas de los lotes comprados en los años 1998 y 2000.

Tabla 3.14 Porcentaje de baterías reemplazadas cada semestre.

| Semestres | Primer Año | | Segundo Año | | Tercer Año | | Cuarto Año | | Quinto Año | |
|--|------------|-------|-------------|--------|------------|--------|------------|------|------------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Porcentaje de baterías Reemplazadas por lote (%) | 0,013 | 3,580 | 7,147 | 10,714 | 14,281 | 11,738 | 9,195 | 6,65 | 4,109 | 1,566 |

Fuente: Datos recolectados en giras para mantenimiento.

Al sumar los porcentajes de cambios de baterías reemplazadas por lote, el total es de un 68,995 %. Debido a que la razón principal de falla en baterías se debe a un problema sobre-desgaste, más que por condiciones de trabajo o marca de baterías, el 31,005% restante se distribuirá equitativamente en cada uno de los semestres. Debido a las condiciones actuales, no se tiene ningún registro de alguna batería que haya superado los 5 años de servicio, razón por la cual la distribución de los porcentajes de cambios, por lote, será de la forma en que se muestra en la siguiente página:

Tabla 3.15 Porcentaje de baterías reemplazadas cada semestre (Recomendado).

| Semestres | Primer Año | | Segundo Año | | Tercer Año | | Cuarto Año | | Quinto Año | |
|--|------------|-------|-------------|-------|------------|--------|------------|---------|------------|--------|
| | I (%) | II(%) | III(%) | IV(%) | V(%) | VI(%) | VII(%) | VIII(%) | IX(%) | X(%) |
| Porcentaje de baterías Reemplazadas por lote | 3,114 | 6,681 | 10,25 | 13,81 | 17,382 | 14,839 | 12,3 | 9,75 | 7,21 | 4,6665 |

Fuente: Datos recolectados en giras para mantenimiento.

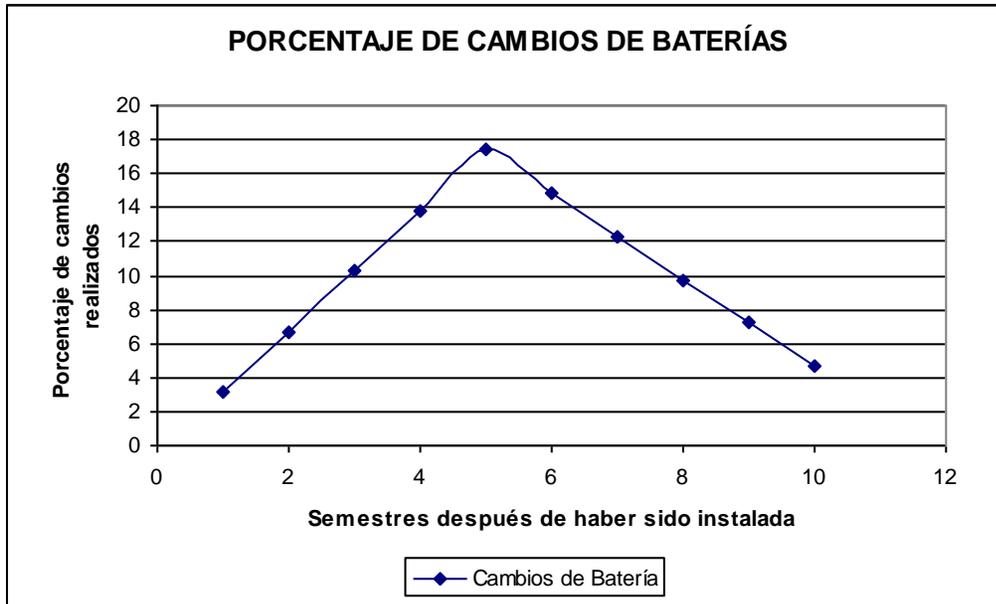


Figura 3.3: Cambios de batería realizados por semestre.

Como se puede apreciar en la figura 3.3, la tendencia de las baterías a fallar se acrecienta en los primeros tres años de servicio. La mayor cantidad de averías se muestran en el tercer año de servicio, lo que permite concluir que de un lote de 62 baterías instaladas en el segundo semestre del año en curso, la cantidad de cambios se dará de la siguiente forma:

Tabla 3.16 Cantidad de cambios de batería que se deberán hacer para el lote de baterías instaladas en el segundo semestre del año 2002.

| Total de baterías Instaladas: | 62 | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|-------------|--------|------------|--------|------------|----------|------------|-------|
| Semestres | Primer Año | | Segundo Año | | Tercer Año | | Cuarto Año | | Quinto Año | |
| | I (%) | II (%) | III (%) | IV (%) | V (%) | VI (%) | VII (%) | VIII (%) | IX (%) | X (%) |
| Cantidad de baterías que se deberán reemplazar | 1,93 | 4,14 | 6,35 | 8,56 | 10,78 | 9,19 | 7,62 | 6,05 | 4,47 | 2,89 |
| Factor de Redondeo | 2 | 4 | 6 | 9 | 11 | 9 | 8 | 6 | 4 | 3 |

Fuente: Datos recolectados en giras para mantenimiento.

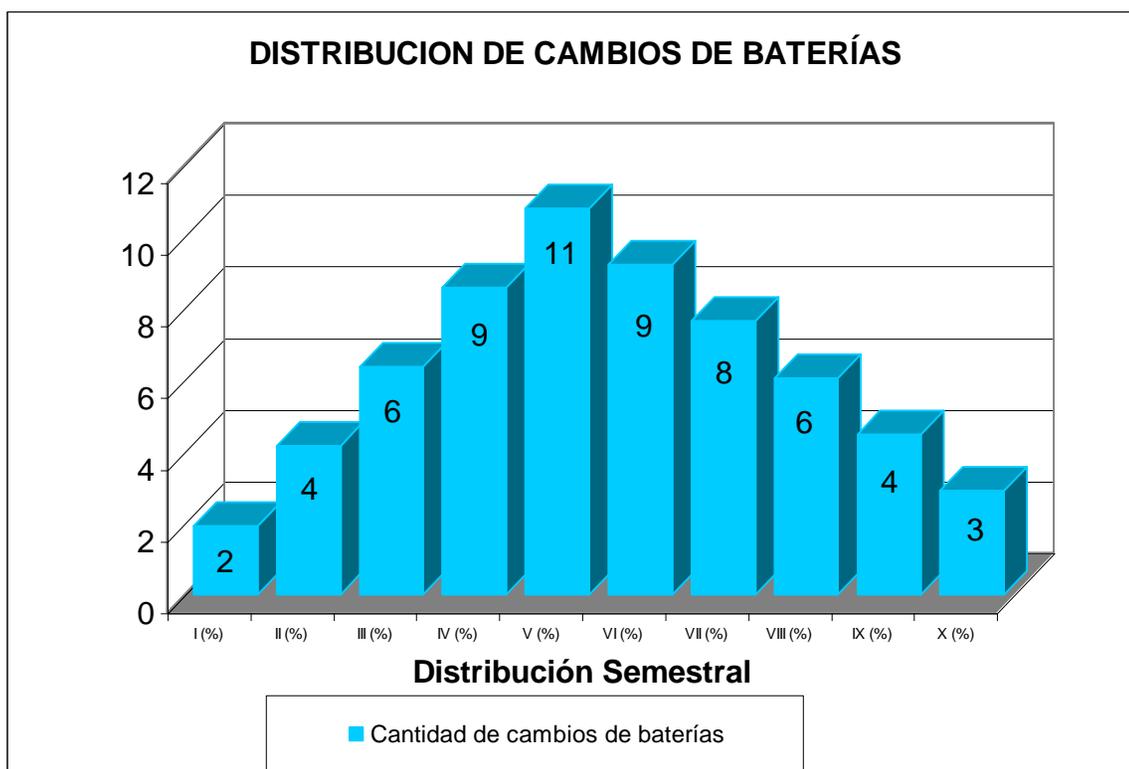


Figura 3.4: Cantidad de baterías que se deberán cambiar para el lote de 62 baterías que se instaló el segundo semestre del año en curso.

Aspectos importantes por tener en cuenta para el manejo de inventarios de baterías:

Los factores que afectan principalmente a una batería cuando se encuentra almacenada son los siguientes:

Auto-descarga: El índice de auto-descarga de la mayoría de baterías de plomo ácido, así como las de electrolito gelificado, viene dado como función de la temperatura (véase la figura 3.5)

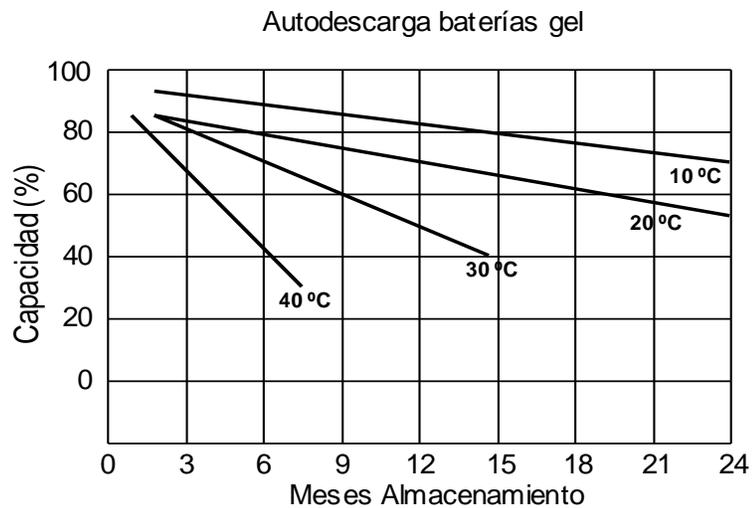


Figura 3.5: Auto - descarga de baterías, específicamente se observa el caso de baterías de gel.

Temperatura: La temperatura elevada es un problema en todas las baterías estacionarias. Para una determinada tensión de flotación. Este aumento de intensidad implica un incremento de las pérdidas, lo cual lleva a su vez aumento de la temperatura de las placas de la batería por encima de la temperatura interna. Mayores son las pérdidas y mayor es la diferencia entre la temperatura interna y el ambiente. Este fenómeno conduce a un acortamiento de la vida útil.

Las baterías de tecnología gel, aplicada, confiere a los elementos una intensidad de flotación baja, lo que hace que estén sujetas a incrementos de temperatura menores que en el diseño típico de la batería. Las de plomo – ácido, son muy sensibles al cambio de temperatura.

Como Seguridad adicional contra el embalamiento térmico, en el caso de que exista una temperatura más elevada, se puede conseguir una disminución en la tensión de flotación mediante este mecanismo.

Otra medida de seguridad es el uso de un sistema de refrigeración en los locales en los que se encuentran almacenadas las baterías, esto permitirá disminuir los costos de su reposición.

Al observar las siguientes relaciones de temperatura. La vida de la batería se ve afectada por la temperatura (Véase el siguiente figura 3.6).

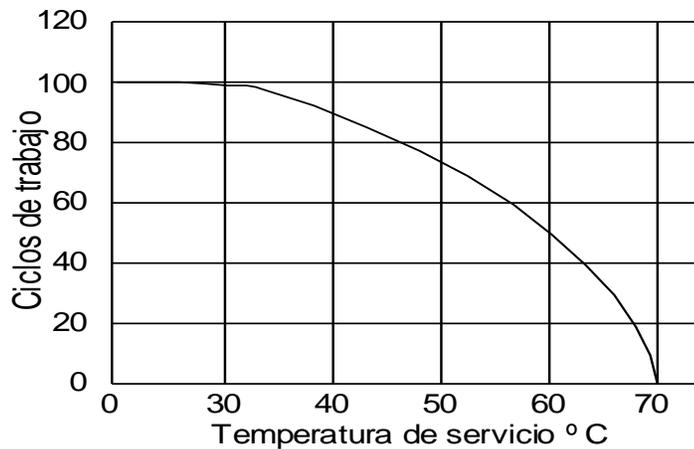


Figura 3.6: Vida de la batería vs. Temperatura.

La capacidad y la carga de la batería también se ve afectada por la temperatura (ver figuras 3.7 y 3.8).

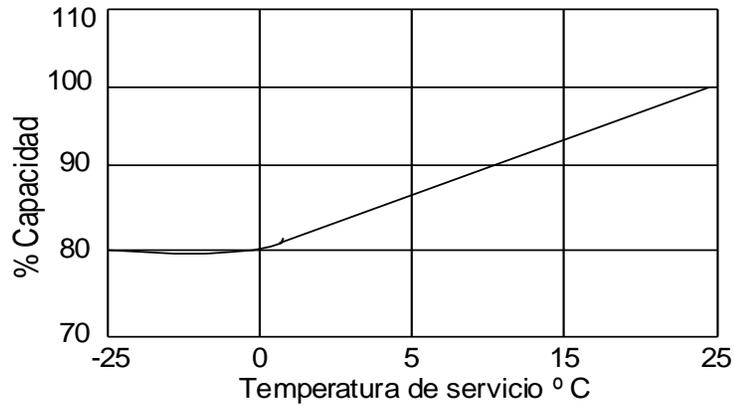


Figura 3.7: Capacidad vs. temperatura.

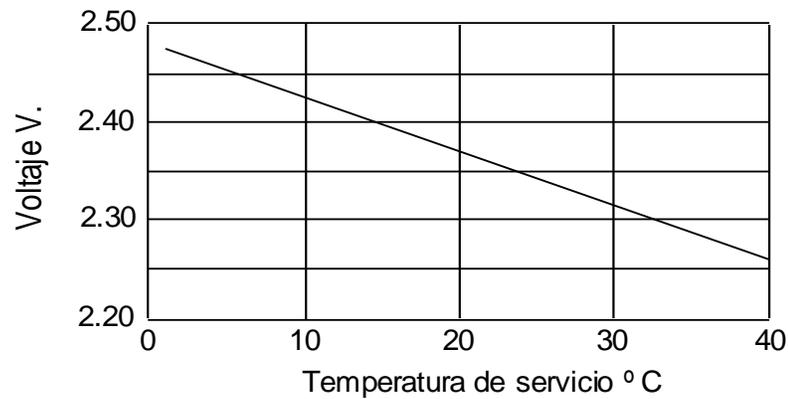


Figura 3.8 Carga vs. temperatura.

En general, y como recomendación, la temperatura de los elementos no debe subir por encima de los 30 °C. En caso de que la batería deba ser transportada por lapsos cortos, se puede alcanzar temperaturas de hasta 45 °C.

Las baterías experimentan durante el almacenaje el fenómeno de auto-descarga debido a una serie de reacciones electroquímicas que tienen lugar a nivel de la placa.

La auto-descarga, como todos los fenómenos basados en reacciones químicas, está fuertemente condicionada por la temperatura.

Ejemplo 3.1 Mantenimiento de baterías almacenadas en PAVAS, San José

El primer lote de baterías se recibió en el mes de Julio del presente año. Según el historial de condiciones climatológicas para esta zona, el promedio de temperatura máxima anual es de 26,9 °C (Ver anexo No. 3, Figura 7.1). De acuerdo con la figura 3.9 al cabo de 12 meses de almacenamiento las baterías estarán descargadas en más de un 40%.

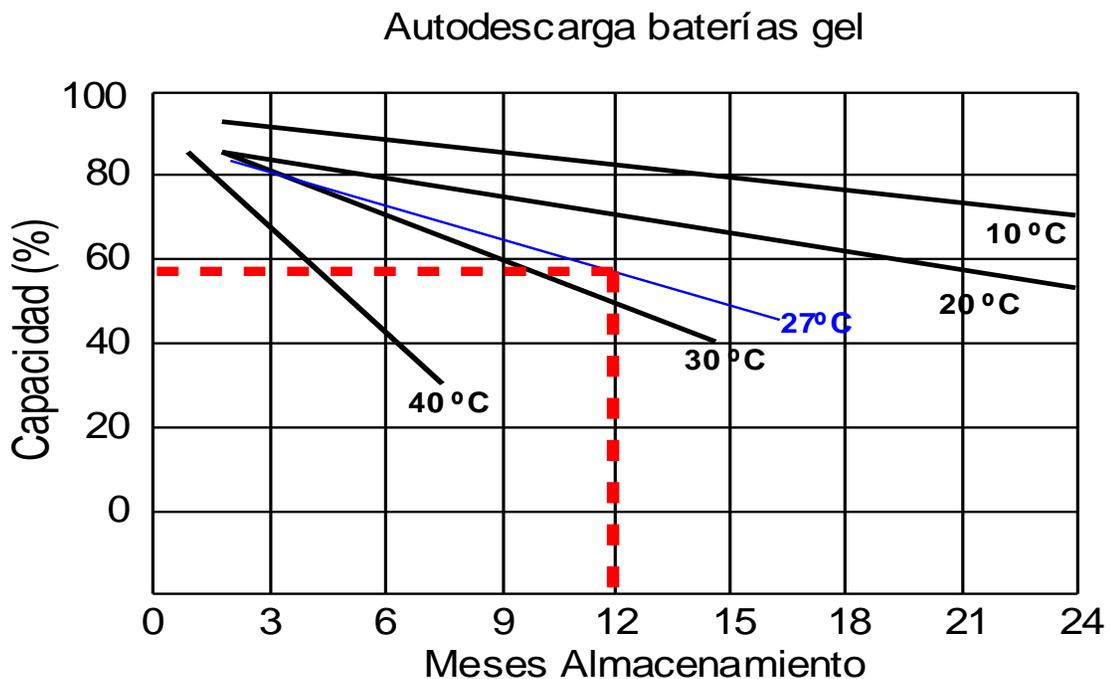


Figura 3.9 Auto-descarga de Baterías almacenadas en Pavas.

Para tener un criterio más amplio sobre la descarga de estas baterías, es necesario considerar que las mismas no vienen cargadas de fábrica y que se encuentran almacenadas en un ambiente de taller

húmedo rodeado por materiales metálicos (vigas, latas de zinc) que contribuyen al sobrecalentamiento de la atmósfera y al aumento acelerado de la descarga. Por esta razón se debe chequear su voltaje, cuando entran a la bodega y, con base en los datos considerados para realizar este ejemplo, establecer cuándo va a ser necesario recargarlas. Sin embargo, también es necesario chequear este cálculo tomando muestras de voltajes mensuales de las baterías que se encuentran almacenadas a circuito abierto.

Recomendaciones para el manejo de inventarios de baterías

- La cantidad de baterías en inventario debe ser reducida a un mínimo suficiente para dar el mantenimiento de los proyectos. Se debe llevar un registro de los cambios de baterías que se instalan cada semestre para saber, de acuerdo con las instalaciones, qué porcentaje de ese lote instalado se requerirá cambiar en los semestres venideros, cantidad que se puede predecir si se sigue los porcentajes presentados en la tabla 3.15.
- Debido a que es de conocimiento que las baterías se descargan considerablemente en sólo seis meses de estar a circuito abierto, lo recomendable es planear la compra de baterías para brindar mantenimiento una vez por año ya que para el ICE, como empresa pública, es de gran dificultad realizar una licitación para compra de baterías.
- Para reducir la cantidad de inventario de baterías es recomendable dar más atención a los clientes que con frecuencia se les debe cambiar la batería. Además conviene llevar un historial de los mismos en el sistema de información que ha sido desarrollado en este proyecto. Al determinar cuáles son los clientes más problemáticos, se les debe hacer la

advertencia de que, de continuar esa situación, se les retirará el equipo. Esta es la razón principal por la que se deben comprar grandes volúmenes de baterías, para satisfacer la demanda de mantenimiento.

- Las baterías que se prevean no van a ser instaladas para su uso inmediatamente después de la entrega, se deberán almacenar en un lugar seco y sin exceso de temperatura, con el objeto de minimizar el proceso natural de la auto-descarga.
- Sólo durante periodos breves de tiempo, mientras las baterías son transportadas, es que se permite una temperatura máxima de 60 ° C.
- Las baterías y sus embalajes deben estar protegidas de la luz solar, con el propósito de compensar la propia auto-descarga. Las que permanezcan almacenadas, sin conectar a una fuente de alimentación, se deberán cargar por lo menos una vez cada 6 meses o cuando la tensión a circuito abierto haya descendido más de 2.04 voltios, por debajo del voltaje tope superior (13,5 v.)

ETAPA No. 7 Formación del archivo Técnico

En esta etapa se realizó un levantado de la información necesaria para obtener, de una manera ágil, el nombre y los teléfonos de los encargados en cada región del desarrollo y mantenimiento del proyecto de electrificación rural por medio de sistemas fotovoltaicos.

Tabla 3.17 Listado de nombres de los encargados de proyecto de las diferentes regiones.

| Región | Nombre | Apellido1 | Apellido2 | Cargo | Teléfono | FAX |
|--------|----------|------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
| BRC | Geovanni | Canales | Canales | Coordinador Desarrollo | 783-31-23 | 783-33-66 |
| BRC | Freo | Clavera | | Técnico | 783-31-23 | 783-33-66 |
| BSI | Jorge | González | Calderón | Coordinador Desarrollo | 771-10-01 | |
| BSI | Melvin | Morales | Herrera | Técnico | 771-31-08 | |
| CE | Luis | Zamora | | Técnico | 372-51-63 | |
| CHO | Dilson | Rodríguez | Savala | Coordinador Desarrollo | 666-22-11 | 666-22-23 |
| CHO | Misael | Betancourt | | Técnico | 666-22-11 | 666-22-23 |
| HL | Danilo | Corea | | Coordinador Desarrollo | 751-00-83 | 751-01-02 |
| PC | Jorge | Arturo | Gonzalez | Sandí | 663-02-23 | 663-05-63 |
| PC | Albán | Vega | | Técnico | 661-01-23 | 663-05-63 |

Fuente: Sistema de información de para los sistemas Fotovoltaicos.

El fin de esta etapa es hacer más fuerte y rápida la comunicación entre las partes involucradas en el proyecto que van desde coordinadores hasta técnicos de mantenimiento.

ETAPA No. 8: Determinación de las herramientas requeridas para llevar a cabo el proyecto (SCL).

- a. Debido al tipo de proyecto que se desea desarrollar y mantener se debe tomar en cuenta que los volúmenes de información en papel serían muy grandes y crecerían día con día haciendo que la consulta de los mismos se volviera lenta y poco efectiva. Por esta razón se hace necesario el desarrollo e implementación de un sistema de información que muestre todos estos datos de una manera sencilla, en volúmenes manejables. Para el desarrollo de este sistema de información se utilizará el programa Microsoft Access que permite el desarrollo de sistemas de información a gusto del usuario.
- b. Por razones de comodidad este sistema de información debe ir acompañado de documentación que permita trasladar los datos de cada reparación desde el lugar en donde se realiza hasta el lugar en donde se encuentra la computadora con el sistema de información. Una situación parecida ocurre con los registros de equipo fotovoltaico que salen de la bodega de sistemas. Por razones presupuestarias, no se cuenta con una computadora en este lugar, lo que obliga a los encargados de la salida de equipos a levantar un “reporte de salida de equipos” para que luego esta información sea trasladada al sistema de información.
- c. Para llenar cada una de las boletas se necesitará escribir los códigos de los equipos y adjuntar una ficha con los códigos de cada una de las partes de los equipos (ver Anexo No. 9).
- d. Debido a lo difícil de las condiciones no se va a tener acceso al sistema de información en donde se encuentran instalados los sistemas fotovoltaicos. Por esta razón se requerirá tener una hoja de visitas en cada sistema y un historial complementario de cada equipo (ver Anexo No. 10).

ETAPA No. 9: Desarrollo del sistema de información como herramienta para ejercer un control ágil sobre el SCL.

Objetivo Principal:

Poner a disposición de los encargados del proyecto de electrificación rural, toda la información necesaria para ejercer un mejor control del desarrollo y mantenimiento de cada una de los proyectos realizados en las comunidades rurales.

Objetivos Específicos:

- a. Manejar un mejor control sobre las solicitudes de sistemas Fotovoltaicos, dando un trato más personalizado a los clientes.
- b. Brindar información detallada sobre la ubicación de cada uno de los proyectos y los datos particulares del mismo.
- c. Proporcionar un control más eficiente sobre los listados de clientes que permita determinar dónde se encuentra cada uno de los sistemas solares proporcionados por el ICE.
- d. Llevar un historial de cada cliente que permita determinar la cantidad de reparaciones y con qué frecuencia se le han hecho para localizar los casos de abuso del sistema.
- e. Manejar un control de inventarios donde se pueda llevar un registro completo de las salidas y entradas de equipo a la bodega principal, así como manejar un inventario de los equipos en bodega, enviados a cada región y de los ya instalados.

A continuación se presenta un organigrama que muestra la forma en que va ha estar ordenada la información dentro del sistema.

ORGANIGRAMA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS

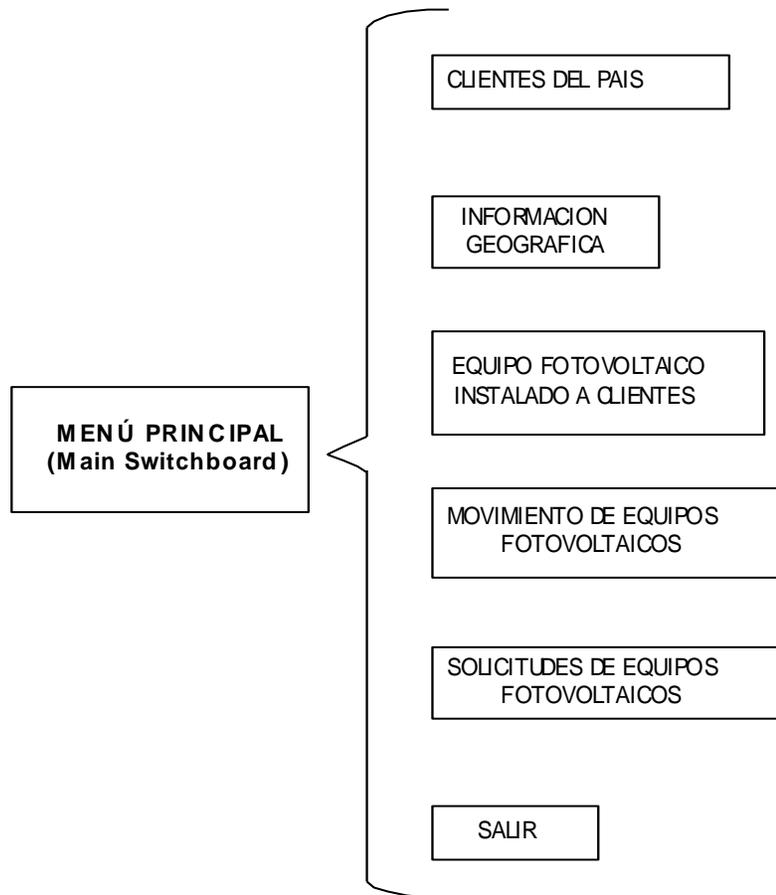


Figura 3.10 Conformación del menú principal del sistema de información

ETAPA No. 10: Manual de utilización del sistema de información para los equipos fotovoltaicos.

Como se puede apreciar en el organigrama presentado en la página anterior, el sistema de información se encuentra conformado por una plataforma principal que se encuentra dividida en cinco menús. Estos, a su vez, se dividen en tres secciones principales: las de actualización, consultas e informes.

Cada uno de estos cinco menús ha sido conformado para poder controlar un área del programa permitiendo que en conjunto se pueda llevar un control logístico sobre los proyectos con sistemas fotovoltaicos desde que el equipo es solicitado por un cliente, a continuación se hace la descripción, y modo de empleo de cada una de estos menús.

Menú #1: CLIENTES DEL PAIS

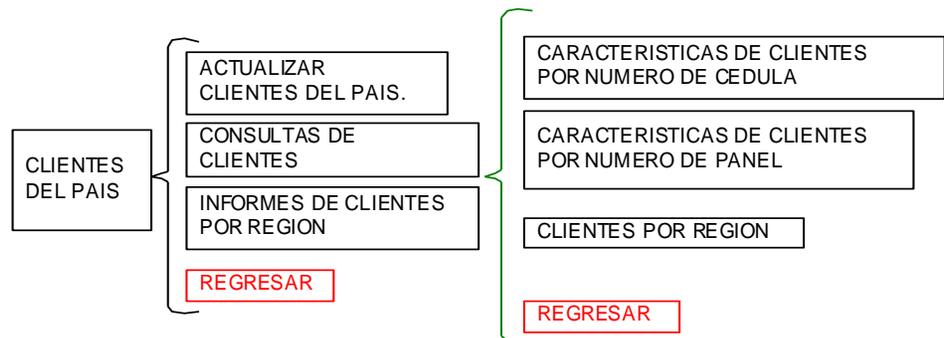


Figura 3.11 Menú de clientes del país

En este menú se maneja toda la información respectiva de los clientes del país que ya poseen un equipo fotovoltaico de los proporcionados por el ICE en sus viviendas, este menú se encuentra conformado por tres secciones principales que se describen a continuación:

Sección No. 1: ACTUALIZAR CLIENTES DEL PAIS

Esta sección se encuentra conformada por un sólo formulario a través del cual se registran los clientes nuevos. Los datos que se deben actualizar en este formulario son los siguientes: Código de región, Número de Panel, Nombre del cliente, Primer Apellido, Segundo Apellido, y Número de cédula, estos datos son de vital importancia y siempre deben de ser llenados ya que permitirán realizar las consultas sobre los datos personales de cada cliente. Este formulario también tiene las casillas de nombre del mapa donde se encuentra el proyecto y las coordenadas X y Y proporcionadas por el sistema GPS que ubica cada una de los sistemas en cada proyecto. También tiene las casillas de nombre de la comunidad donde se encuentra el proyecto, el código de utilización del equipo y alguna observación que se requiera adjuntar sobre el cliente, en caso de ser necesario.

Sección No. 2 CONSULTAS DE CLIENTES

Esta parte es donde se pueden encontrar todas las características de clientes, a través del formulario de actualizar clientes del país. La consulta de clientes se divide en tres tipos de consultas que son: CARACTERÍSTICAS DE UN CLIENTE POR NUMERO DE CEDULA Y CARACTERÍSTICAS DE UN CLIENTE POR NUMERO DE PANEL: Son dos consultas diferentes que muestran la misma información pero que requieren ser accionadas ya sea por el numero de cédula del cliente o por el número de panel que posee el cliente.

La tercera consulta es la de CLIENTES POR REGION que muestra un listado de los clientes que se tienen en cada región y se acciona digitando el código de región.

Sección No. 3 INFORME DE CLIENTES POR REGION

Esta es la tercera y última parte del menú de clientes del país y permite obtener un informe, de los clientes de una región, listo para ser impreso en papel. La manera de ingresar este informe es por medio del código de región.

Menú #2: INFORMACIÓN GEOGRAFICA

En este menú está toda la información referente a los proyectos en donde se encuentran los sistemas fotovoltaicos y se encuentra dividido en dos secciones que se describen a continuación:

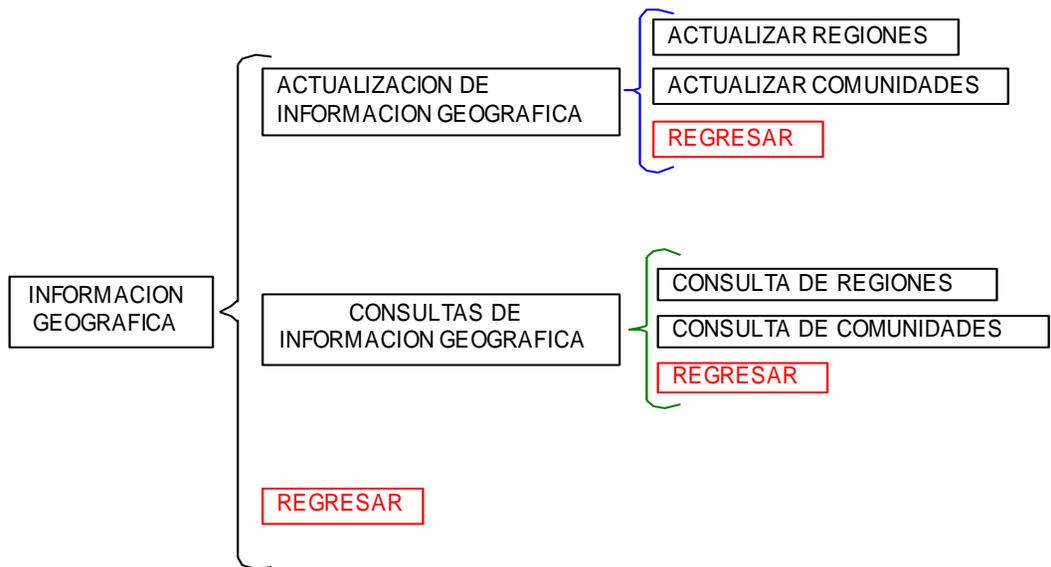


Figura 3.12 Menú de información geográfica

Sección No. 1. ACTUALIZACION DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

En esta parte es donde se actualiza la información geográfica más generalizada de los proyectos fotovoltaicos la cual está dividida en dos tipos de formularios:

ACTUALIZAR REGIONES: En este formulario se cargan todas las regiones nuevas en donde se encuentra instalado equipo fotovoltaico o se piensa instalar nuevos equipos. Para llenarlo se requiere crear un código para la región (iniciales), el nombre de la misma, el nombre del encargado del proyecto y el número telefónico.

ACTUALIZAR COMUNIDADES: Este formulario es para cargar las comunidades donde se encuentran instalados o donde han sido solicitados los equipos fotovoltaicos. Para inscribir una nueva comunidad, debe pertenecer a una de las regiones que ya se tienen en el sistema. En caso de que la región no se encuentre en el sistema, primero se debe actualizar la región mediante el formulario ACTUALIZAR REGIONES, y una vez hecho este paso se procede a llenar el formulario de ACTUALIZAR COMUNIDADES, empezando por el nombre de la región, el código de la misma y finalmente el nombre de la comunidad.

Sección No. 2. CONSULTA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA:

Esta sección es para consultar toda la información geográfica de los proyectos de sistemas fotovoltaicos, esta parte se encuentra dividida en dos tipos de consultas que se presentan a continuación:

CONSULTA DE REGIONES: Esta consulta no requiere de datos de entrada y muestra las regiones con equipo instalado, junto con el nombre del encargado del proyecto y el número telefónico de cada una de las regiones.

CONSULTA DE COMUNIDADES: Esta consulta requiere digitar el código de región para ingresar y muestra el nombre de las comunidades donde se encuentran instalados los sistemas fotovoltaicos.

Menú #3: EQUIPO FOTOVOLTAICO INSTALADO A CLIENTES

En este menú es donde se encuentra toda la información referente a los equipos fotovoltaicos instalados a los clientes y se encuentra conformado por tres partes principales que se describen a continuación:

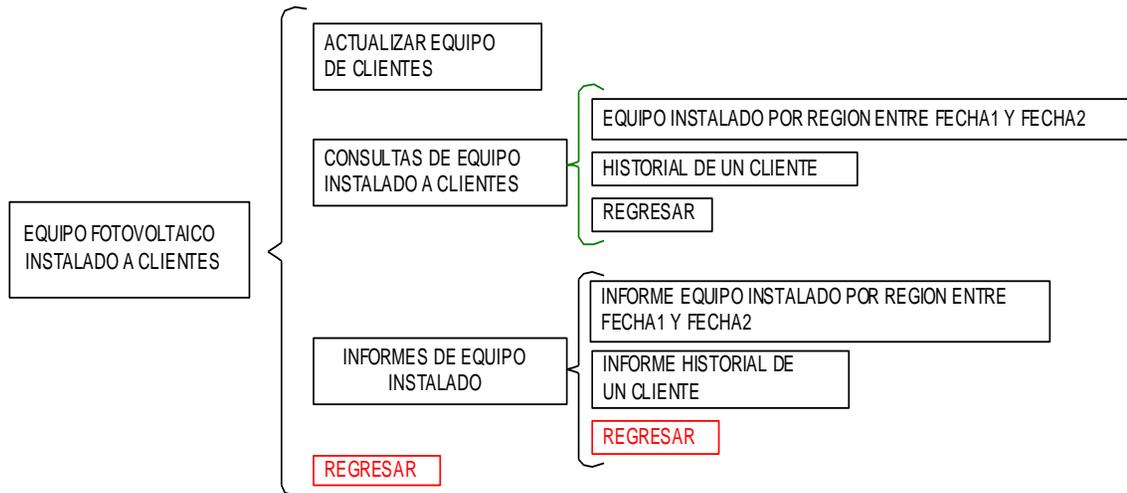


Figura 3.13 Menú de equipo fotovoltaico instalado a clientes

Formulario: ACTUALIZAR EQUIPO DE CLIENTES: En este formulario es donde se debe actualizar todos los reportes de instalación de nuevos equipos y los cambios de repuestos que se realizan a cada sistema fotovoltaico.

Antes de presentar la forma en que debe ser llenado este formulario se debe tener en cuenta que la información debe ser recolectada en el lugar y momento justo en que se realiza la reparación por lo que es necesaria la incorporación de un documento que permita llevar ese registro.

A continuación se presenta la que tendrá que tener la boleta de servicio de mantenimiento de equipo fotovoltaico.

| SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO FOTOVOLTAICO | | | | |
|---|----------|-------------------------|---|----------|
| Fecha de la reparación: ___ / ___ / _____ | | | | |
| Código de Región: | | |  | |
| Número de Panel: | | | | |
| Nombre del Cliente: | | | | |
| EQUIPO RETIRADO | | E. INSTALADO ó REPARADO | | |
| Código | Cantidad | Código | Cantidad | Reparado |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Nombre del técnico de ICE atendió la avería | | Firma del cliente | | |

Figura 3.14 Boleta de mantenimiento para equipo fotovoltaico.

El procedimiento para llenar la boleta de servicio de mantenimiento de equipo fotovoltaico es el siguiente:

- Escribir la fecha de reparación con el orden día/ mes/ año.
- Escribir el código de región.
- Escribir el número de panel reparado.
- Escribir el nombre del cliente junto con los dos apellidos.

En el cuadro de columnas de la izquierda se van a escribir los códigos de los repuestos retirados y la cantidad de los mismos que se retiró.

En el cuadro de columnas de la izquierda se debe escribir el código de los equipos instalados a cambio de los retirados y de los equipos nuevos instalados aunque no hayan sido cambiados por otros. En caso de que el componente no haya sido cambiado, sino más bien reparado, se debe

anotar el código del componente, la cantidad que se reparó y marcar con una x en la columna de reparado.

Siempre se debe escribir el nombre del representante del ICE que realizó la reparación así como solicitar al cliente que firme la boleta, ya que estos son los datos que hacen constar que la reparación efectivamente se efectuó.

En caso de que al equipo visitado no se le haya hecho ningún cambio o ninguna reparación, y éste se encuentre en buenas condiciones, siempre se debe llenar la boleta y anotar, en la columna de equipo instalado, el código de CG-1, lo que se entenderá como un “CHEQUEO GENERAL”.

Todo cambio de repuestos o instalación de equipos nuevos debe ser actualizado en el sistema de información, al utilizar el formulario ACTUALIZAR EQUIPO DE CLIENTES. Los datos por aportar son los siguientes:

- Código de región.
- Número de cédula (del cliente).
- Número de Panel.
- Nombre del equipo.
- Letra del código
- Número del código
- Cantidad instalada: Esta casilla se refiere a la cantidad de elementos que se instalan en un mismo sistema.
- Fecha de instalación.
- Fecha de retiro.(se llenará cuando el repuesto debe de ser cambiado o removido).

En el caso de que los equipos hayan sido nada más reparados estos no se actualizaran en el sistema de información, sin embargo siempre es importante que cada encargado de proyecto guarde esta información en las boletas y las ordene cronológicamente.

Al recolectar esta información se logrará llevar un historial de cada cliente, así como de la cantidad de componentes instalados en cada región, junto con la fecha de instalación. Esto permite establecer un criterio sobre la vida útil de estos equipos para programar las futuras compras de componentes o bien para retirar un sistema en caso de que el cliente haya incurrido en abusos del mismo.

Sección No. 2 CONSULTAS DE EQUIPO INSTALADO A CLIENTES:

En esta parte del menú es donde se puede encontrar toda la información de los equipos que se han instalado a los clientes, de dos formas diferentes, para dos fines diferentes:

EQUIPO INSTALADO ENTRE FECHA1 Y FECHA2: Para ingresar a esta consulta se debe digitar la letra de código del equipo, el número de código del equipo, luego el código de región, seguidamente la fecha inicial y la fecha final del periodo que se quiere averiguar, para determinar, fundamentándose en la fecha de instalación, cuándo se deberán renovar los sistemas con criterio, en el mantenimiento por confiabilidad (vida útil).

HISTORIAL DE CADA CLIENTE: Para ingresar a esta consulta se debe digitar el código de región, el número de panel y el número de cédula del cliente y a continuación desplegará el historial de los equipos instalados a cada cliente junto con la fecha de instalación de los mismos. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se mostrará la información en el historial de un cliente.

Tabla 3.18 Historial de un cliente

| Código Región | NP | Cédula | Letra | Número | Nombre Genérico | Cantidad | Fecha Instalación | Fecha Retiro |
|---------------|----|-----------|-------|--------|----------------------|----------|-------------------|--------------|
| BSI | 22 | 1-322-551 | I | 2 | INVERSOR | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | CC | 2 | CONTROLADOR DE CARGA | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | B | 3 | BATERIA | 1 | 15-12-2001 | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | P | 3 | PANEL | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | D | 1 | DISYUNTOR | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | D | 2 | DISYUNTOR | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | D | 3 | DISYUNTOR | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | L | 1 | LAMPARA | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | L | 1 | LAMPARA | 1 | | |
| BSI | 22 | 1-322-551 | L | 1 | LAMPARA | 1 | | |

Fuente: Sistema de información de equipos Fotovoltaicos

En este historial se muestra todo el equipo que tiene instalado un cliente de la región Brunca San Isidro, al cuál le corresponde el número de panel 22 y el número de cédula 1-322-551, se instaló una batería B-3 el 15 - 12 - 2001. Los otros equipos no tienen fecha de instalación debido a que no se han requerido cambiar aún pero ya se tiene la información de cuantos componentes posee para evitar cualquier eventualidad tal como la pérdida de algún equipo.

Sección No. 2 INFORMES DE EQUIPO INSTALADO A CLIENTES:

Aquí se puede encontrar la información presentada en las dos consultas anteriores agrupadas por los valores que más se repiten en las consultas y organizadas en un formato listo para imprimir.

Menú #4: MOVIMIENTO DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS.

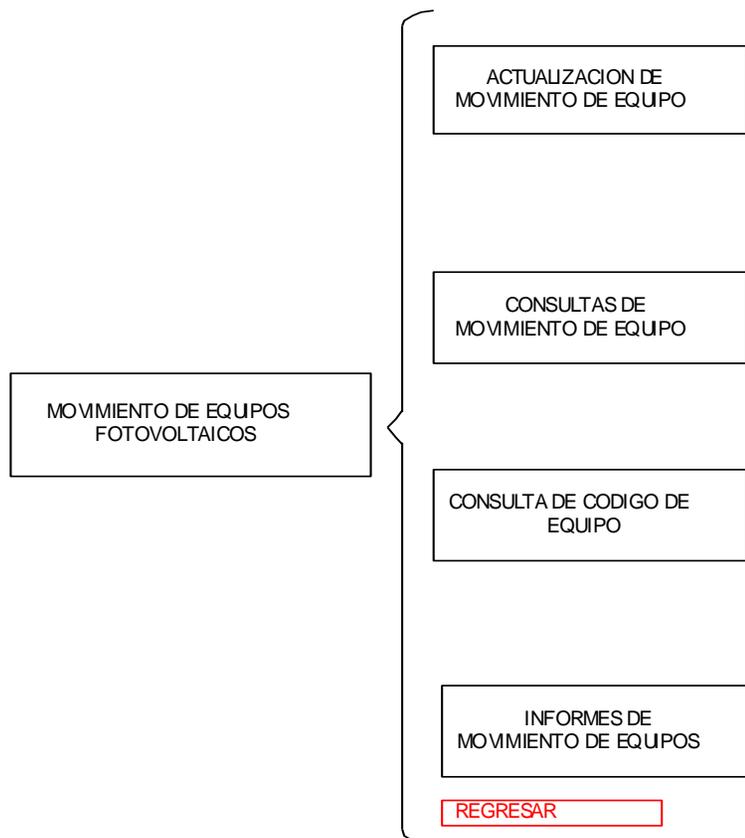


Figura 3.15 Menú de movimiento de equipos

En este menú se encuentra toda la información que corresponde al movimiento de equipos dentro del proyecto de electrificación rural, y ha sido creado con el fin de dar seguimiento a los equipos fotovoltaicos desde el momento en que son comprados y entran a la bodega principal como nuevos.

A continuación se presentan cada una de las secciones que conforman este menú:

Sección No.1. Actualización de movimiento de equipo

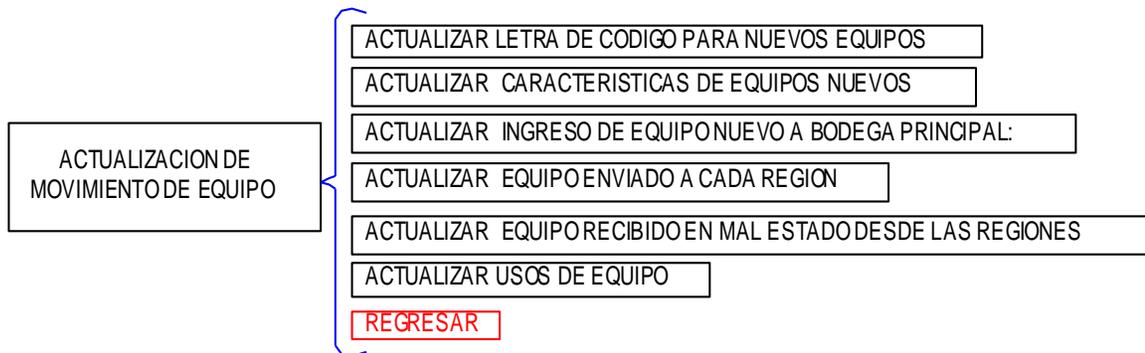


Figura 3.16 Menú de actualización de movimiento de equipo

Esta sección se encuentra conformada por seis formularios que se describen a continuación.

Formulario: ACTUALIZAR LETRA DE CODIGO PARA NUEVOS EQUIPOS:

Este formulario se utilizará cuando se tenga que ingresar una nueva parte de los equipos Fotovoltaicos que no corresponde a ningún género de los ya establecidos.

Para llenar este formulario se debe crear primero la letra de código que generalmente corresponde a la letra o letras de código y seguidamente se debe llenar el nombre del género que se desea incorporar.

Formulario: ACTUALIZAR CARACTERÍSTICAS DE NUEVOS EQUIPOS:

En este formulario se actualizarán las características particulares tales como marca, modelo y capacidad de cada uno de los componentes correspondientes a un género previamente establecidos en el formulario “ACTUALIZAR LETRA DE CÓDIGO”.

Formulario: ACTUALIZAR INGRESO DE EQUIPO NUEVO A BODEGA PRINCIPAL

Este formulario se debe llenar cada vez que entre equipo nuevo proveniente de una licitación o de una compra directa a la bodega principal, para actualizar este formulario se deben llenar las siguientes casillas: Nombre del equipo, Letra del código, número del código, cantidad de unidades (que en el caso de cable o tubos se darán en metros), y la fecha en que el material entró a la bodega principal.

En caso de que los equipos que los componentes o equipos que van a entrar a la bodega principal pertenezcan a un nuevo género que no se encuentre en el sistema de información, se deberán llenar primero los formularios ACTUALIZAR LETRA DE CODIGO PARA NUEVOS EQUIPOS y ACTUALIZAR CARACTERÍSTICAS DE NUEVOS EQUIPOS antes de realizar el ingreso oficial de equipo a la bodega.

Formulario: ACTUALIZAR EQUIPO ENVIADO A CADA REGION:

Este formulario debe ser llenado cada vez que se envía equipo o repuestos a cada región. Para llevar un control de las salidas de equipo de la bodega principal, se deben llenar las siguientes casillas: Código de región, Nombre del equipo, Letra del código, número del código, Cantidad de unidades (enviadas), Fecha de envío, Nombre del responsable (a quien se le envía el equipo), Primer apellido y Segundo Apellido.

Formulario: ACTUALIZAR EQUIPO RECIBIDO EN MAL ESTADO:

Este formulario debe ser llenado cada vez que se reciben componentes que han sido cambiados en los proyectos debido a que se encuentran en mal estado. Las casillas por llenar son las siguientes: Nombre de la región, Código de región, Letra del código número del código, Cantidad de unidades, Fecha de devolución Nombre del responsable, Primer Apellido y Segundo Apellido.

Debido a que, por razones de diversa índole, no es posible tener un equipo de cómputo en la bodega principal, se debe llenar la boleta de salida o entrada de equipo en mal estado cuya forma de llenado se explicará en la siguiente página.

Marcan con una “X” el tipo de movimiento de equipo que se realiza para definir, si es **entrada** o es **salida** de material de la bodega hacia alguna de las regiones.

- 1- En caso de que el equipo en tránsito que provenga o se dirija hacia alguna de las regiones se debe escribir el código de región en la casilla correspondiente. En el caso de que sea equipo proveniente de una licitación o de una compra directa, se dejará esta casilla en blanco.
- 2- Seguidamente se debe escribir el nombre del encargado junto con sus primer y segundo apellido; entiéndase como encargado a la persona responsable que solicitó o devolvió el equipo desde la región donde se encuentra.
- 3- Llenados estos datos se debe proceder a llenar la tabla de equipo recibido. En la columna de código del equipo se debe llenar cada una de las letras y números de código por casilla, de la siguiente manera.

“Letra de código” – “Número de código”

Seguidamente se debe escribir la cantidad de unidades que se entrega o se recibe ; en el caso de cable o tubos se escribirá la cantidad de metros.

- 4- Se debe llenar las casillas que sierran el registro de movimiento de equipos con la firma de la persona que despachó o recibió el equipo en la bodega principal y a la izquierda se llenará la casilla con la firma de la persona externa a la bodega que entrega o se lleva el equipo.

Formulario: ACTUALIZAR USOS DE EQUIPO:

El fin de este formulario es que se pueda cargar en el sistema cada uno de los usos que se les está dando a los sistemas fotovoltaicos instalados en el país.

Para cargar datos en el mismo se debe digitar primero el código de utilización y seguidamente digitar el nombre completo de la utilización.

Formulario: ACTUALIZAR EQUIPO EN CADA TABLERO:

Debido a que actualmente se maneja cuatro tipos de tablero para los sistemas fotovoltaicos este formulario se utilizará para cargar la información correspondiente de cada uno de los componentes de estos cuatro grupos principales.

Sección No. 2: CONSULTA DE EQUIPOS UTILIZADOS.

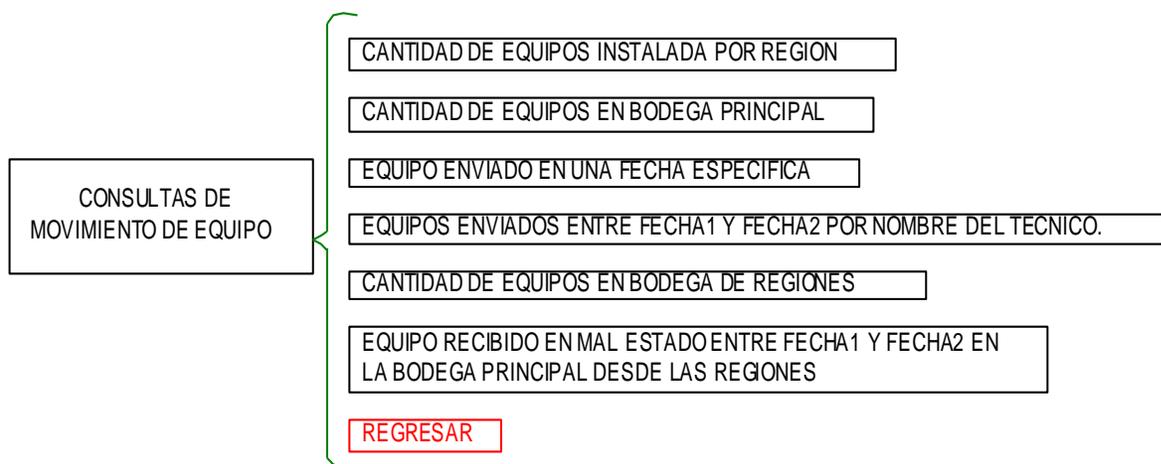


Figura 3.17 Menú de consultas de movimiento de equipos.

En esta sección se encuentra el grupo de consultas que permitirá ejercer un control directo sobre el inventario de equipos que posee el proyecto, las cuales se describen a continuación.

Consulta: CANTIDAD DE EQUIPOS INSTALADA POR REGIÓN: En esta consulta se podrá averiguar la cantidad de equipos instalada de un mismo modelo que se ha instalado en una región. Los datos que se deben digitar para entrar en esta consulta son: código de región, letra de código y número de código del equipo.

Consulta: CANTIDAD DE EQUIPOS EN BODEGA PRINCIPAL: En esta consulta se podrá averiguar cual es la cantidad de equipos en bodega que

hay al haber restado automáticamente la cantidad de equipo que se ha enviado a cada región.

Ejemplo: Si se desea averiguar cual es la cantidad de baterías que hay actualmente en la bodega principal, se debe de ejecutar esta consulta y digitar conforme sean solicitados los siguientes parámetros: Letra de código “B” y seguidamente el número de código para desplegar la siguiente lista:

Tabla 3.19 Cantidad de equipos en bodega.

| NOMBRE | LETRA | NUMERO | CIB | CE | EXISTENCIA |
|---------------|--------------|---------------|------------|-----------|-------------------|
| BATERIA | B | 5 | 68 | 27 | 41 |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos

Donde:

LETRA: Es la letra de código del género batería.

NÚMERO: Es el número de código del modelo de batería.

CIB: Es la cantidad inicial de baterías que había en la bodega.

CE: Es la cantidad de baterías que se han enviado a todas las regiones.

EXISTENCIAS: Es la cantidad de baterías con que se cuenta actualmente en la bodega principal.

Consulta: CANTIDAD DE EQUIPOS EN BODEGA PRINCIPAL

|En esta consulta se puede averiguar de una manera rápida cual es el equipo y en que cantidad ha salido de la bodega principal en una fecha específica. Los datos de entrada son: fecha específica y Nombre del encargado del equipo.

Consulta: EQUIPOS ENVIADOS ENTRE FECHA1 Y FECHA2 POR NOMBRE DEL TÉCNICO.

En esta consulta se puede averiguar cuales han sido las salidas de equipos de la bodega hacia una región específica durante un periodo de tiempo definido por el usuario y a nombre de quien a salido ese equipo.

Consulta: EQUIPOS EN BODEGA DE REGIONES.

En esta consulta es donde la que cantidad de equipo que hay en las bodegas de las regiones y no ha sido instalada todavía por lo que se encuentra estancada en la bodega de cada una de las regiones.

Ejemplo: Si se desea averiguar cuantas baterías (B-5) de las enviadas a la región Brunca San Isidro (BSI) se encuentran guardadas en la bodega de esa región, se debe de ejecutar la consulta y a continuación digitar:

- 1- El código de región.
- 2- La letra del código.
- 3- El número del código.

Seguidamente se desplegará la consulta:

Tabla 3.20 Cantidad de equipos en bodega de una Región.

| REGION | NOMBRE DEL EQUIPO | LETRA | NUMERO | CE | CI | CGBR |
|--------|-------------------|-------|--------|----|----|------|
| BSI | BATERIA | B | 5 | 27 | 6 | 21 |

Fuente: Sistema de información de equipos fotovoltaicos

Donde:

REGIÓN: Significa código de región.

NOMBRE DEL EQUIPO: Es el nombre genérico del equipo.

LETRA: Es la letra o letras del código del equipo.

NÚMERO: Es el numero del código del equipo.

CE: Es la cantidad de equipo enviada desde la bodega principal.

CI: Es la cantidad de equipo que se encuentra instalada hasta la fecha.

CGBR: Es la cantidad de equipo que se encuentra guardada en la bodega de cada región.

Consulta: EQUIPO RECIBIDO EN MAL ESTADO ENTRE FECHA1 Y FECHA2

En esta consulta podrá ver la cantidad de cada uno de los equipos devueltos a la bodega, es importante recordar que cada repuesto cambiado por mal estado debe ser devuelto a la bodega principal para que este sea reparado, o bien desechado de una manera segura que no contamine el medio ambiente especialmente en el caso de las baterías.

Sección No. 3: CONSULTA DE EQUIPOS UTILIZADOS.



Figura 3.18 Menú de consulta de equipos utilizados

Esta sección ha sido creada para que el usuario del sistema de información pueda consultar cuales son los componentes principales de los tipos de tablero, y también permite consultar cuales son los códigos de cada una de las partes que conforman los sistemas Fotovoltaicos.

Consulta: COMPONENTES DE CADA COMPONENTE:

Debido a que en cada licitación se han comprado los tableros de equipo ya ensamblados con su respectivo modelo de controlador de carga e inversor, por razones de hacer más ágil y eficiente el control de inventarios, se ha creado un código para cada tipo de tablero.

En esta consulta se muestra cada uno de los componentes principales que conforman cada uno de estos tableros estándar y la manera de ejecutarla es digitando el número de código (1, 2, 3, 4) ya que todos pertenecen al genero tablero "T".

Consulta: CODIGO DE CADA COMPONENTE:

Esta consulta se despliega automáticamente sin requerir datos de entrada y en esta se pueden observar los códigos de cada uno de los componentes que se manejan en el inventario de sistemas fotovoltaicos.

Sección No 3: INFORMES DE MOVIMIENTO

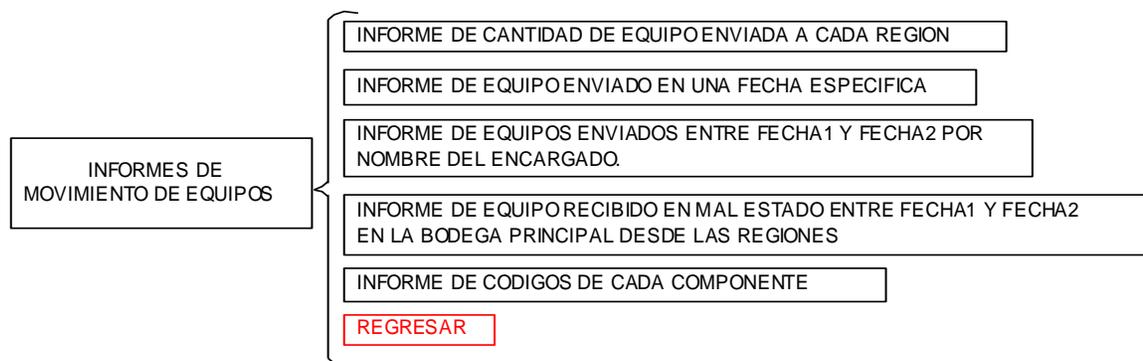


Figura 3.19 Menú de informes de movimiento de equipos

En esta sección es donde se encuentran los informes que se deben imprimir cada vez que se realice un movimiento específico de equipos en el proyecto de electrificación rural.

Se ejecutan de la misma forma que lo hacen las consultas presentadas en las “**Secciones No. 2 y No. 3**”, y presentan la misma información que aparecen en las consultas, con la diferencia de que en estos la información se da de una manera más amigable sin tantas repeticiones en una misma lista en un formato listo para imprimir.

Cada vez que haya una salida o entrada o algún movimiento específico de equipo se debe imprimir el informe respectivo a ese movimiento el cual será archivado en un ampo en donde se irán clasificando por regiones.

Menú #5: SOLICITUDES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

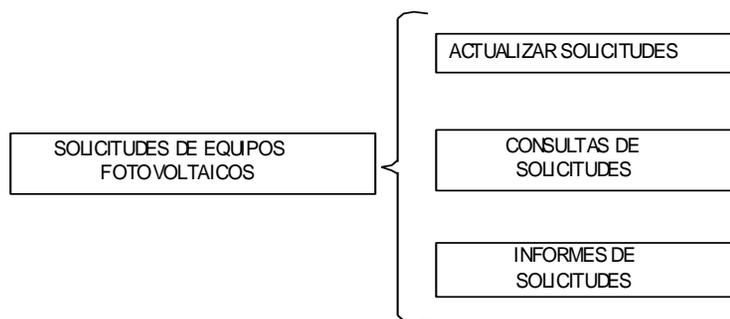


Figura 3.20 Menú de solicitudes de equipos fotovoltaicos

En este menú se podrá encontrar toda la información referente a solicitudes de nuevos sistemas fotovoltaicos, la forma en la que se han manejado las solicitudes hasta la fecha ha sido como la cantidad de posibles usuarios que hay en una comunidad.

Con la utilización de este sistema de información se ha clasificado a estas comunidades de acuerdo con las regiones a que pertenecen y además ofrece una segunda opción en la manera de llevar las solicitudes que da un trato más personalizado de cada uno de los futuros usuarios y permitirá dar un mejor servicio al cliente.

Sección No. 1: ACTUALIZAR SOLICITUDES:

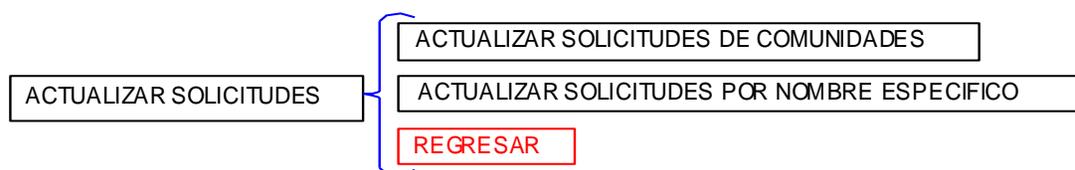


Figura 3.21 Menú de actualización de solicitudes

En esta sección se pueden encontrar los formularios a través de los cuales se irá incorporando toda la información referente a las solicitudes de nuevos sistemas fotovoltaicos.

Formulario: ACTUALIZAR SOLICITUDES DE COMUNIDADES:

En este formulario se pueden cargar al sistema de información los grupos de solicitudes que existen en una. Los datos por llenar en el mismo, son los siguientes.

- 1- Comunidad Solicitante.
- 2- Código de región.
- 3- Cantidad.
- 4- Año de solicitud.
- 5- Distancia de red.

Formulario: ACTUALIZAR SOLICITUDES POR NOMBRE ESPECÍFICO (RECOMENDADO):

En este formulario se puede cargar de una manera mejor detallada cada una de las solicitudes ya que para llenarlo se requiere de los siguientes datos:

- 1- Código de región.
- 2- Nombre.
- 3- Primer Apellido.
- 4- Segundo Apellido.
- 5- Número de Cédula.
- 6- Utilización.
- 7- Comunidad.
- 8- Fecha de solicitud.

La distancia a la que se encuentra la vivienda de la red debe ser un dato conocido por el funcionario del ICE para aprobar la solicitud y cargarla al sistema de información.

Sección No. 2: CONSULTA DE SOLICITUDES

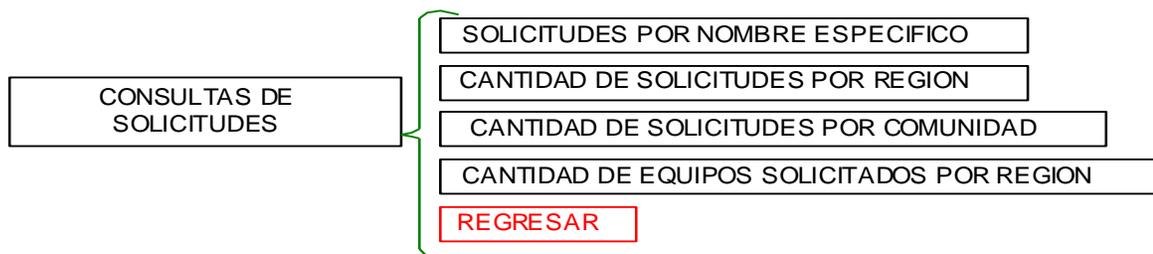


Figura 3.22 Menú de consulta de solicitudes

En esta sección se puede averiguar toda la información referente a las solicitudes de sistemas fotovoltaicos que se han hecho y aún no se han atendido.

Consulta: SOLICITUDES POR NOMBRE ESPECIFICO

Esta consulta permite averiguar cual es el nombre específico de cada una de las personas que solicitan un sistema fotovoltaico en una región así como otras características relevantes. Para ejecutar esta consulta se debe digitar el código de región y seguidamente digitar el código de utilización que el usuario le va a dar al sistema.

Consulta: CANTIDAD DE SOLICITUDES POR REGIÓN

Esta consulta hace un conteo de la cantidad de solicitudes que hay en una región y fue creada para establecer un parámetro de la cantidad de comunidades que solicitan un sistema fotovoltaico. No requiere de datos de entrada.

Consulta: CANTIDAD DE SOLICITUDES POR COMUNIDAD

Esta consulta muestra la cantidad de solicitudes por comunidad que existen en una región, al ejecutarla se debe digitar el código de región.

Consulta: CANTIDAD DE EQUIPOS SOLICITADOS

Esta consulta hace el conteo de la cantidad de equipos que se han solicitado por comunidad y los totaliza por región.

3.3 Conclusiones del proyecto administrativo.

- a. La herramienta fundamental para llevar a cabo el desarrollo y mantenimiento del proyecto de electrificación rural es el manejo adecuado de la información acerca de los equipos. El sistema de información permitirá archivar esta información de manera segura y de forma eficiente, donde se podrá actualizar y consultar desde diferentes puntos del país.
- b. Con la implementación del sistema de información desarrollado en este proyecto, se podrá ejercer un control más adecuado sobre los inventarios que permitirá establecer índices de requerimiento de repuestos de cada una de las regiones y planificar la compra de nuevos repuestos, manteniendo un inventario mínimo en bodegas.
- c. Con el manejo de la ficha de información acerca de los equipos, el técnico encargado del mantenimiento de equipos fotovoltaicos, no sólo tendrá a su disposición los códigos de cada uno de los equipos, sino también información técnica acerca de cada una de las partes de los sistemas, tales como el tamaño de fusible de los controladores de carga, la capacidad de cada una de las baterías utilizadas, y otros.

3.4 Recomendaciones para llevar a cabo implementación del (SCL).

- a. Se recomienda que una persona capaz realice al adecuada capacitación de los técnicos que utilizarán el sistema de información, tomando en cuenta que este personal prácticamente en su mayoría nunca ha utilizado una computadora.
- b. Para una buena aceptación del sistema de desarrollo y mantenimiento, se recomienda incentivar al personal técnico. Es importante proporcionarles camisas, camisetas, cachuchas o gorras, y estos se deberán estar renovando cada cierto periodo. Esto los hará sentir parte de una nueva era tecnológica creada por el ICE para el beneficio de los costarricenses de más escasos recursos.
- c. Es de mucha importancia tomar en cuenta que por lo general las agencias a las que pertenecen las comunidades electrificadas, por medio de sistemas fotovoltaicos, tienen muy escasos recursos. Por tal razón se recomienda mandar a fabricar talonarios de boletas de mantenimiento y dotar a los técnicos de cada una de estas agencias con suficiente cantidad de las mismas, para que ellos no tengan retrasos en documentar cada una de las reparaciones realizadas.
- d. Se recomienda llevar un historial de cada uno de los sistemas que se instalen nuevos así como de los que ya se encuentran instalados sin importar la utilización que se le dé al mismo este siempre va a requerir de “mantenimiento”.
- e. Como una medida de precaución para el buen funcionamiento de los equipos se recomienda visitar a los clientes cuando menos dos veces al año , revisar y chequear el funcionamiento del equipo.

- f. Se recomienda crear conciencia en cada una de las partes involucradas en el proyecto de electrificación rural. Éste, hasta ahora ha venido creciendo de una manera desordenada y muy mal planificada, lo que ha repercutido en retrasos hasta de varios años para atender una solicitud o avería. Por tal razón el cambio de esta actitud debe ser algo real y sobre todo deberá mantenerse hasta que la última comunidad de este país sea electrificada por medio de la red nacional interconectada.
- g. Para el manejo del sistema de información, debido a que este va ser un archivo que se podrá consultar por medio de computadoras que corren el riesgo de dañarse, se recomienda sacar una copia del archivo por cada ocho días.
- h. Siempre es necesario que una misma persona cheque y establezca índices de demanda de repuestos en cada una de los equipos, los analice y establezca cuales son los repuestos que con más frecuencia son cambiados, para planificar cual va ser la demanda de los semestres venideros.
- i. Se recomienda abrir un historial en el sistema de información de cada uno de los equipos instalados y de los que se instalen nuevos ya que la demanda de repuestos de cada sistema también va a depender mucho de la utilización que se le esté dando al sistema fotovoltaico.

CAPITULO IV

PROYECTO DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROYECTO PARA LA INSTALACIÓN DE MÁQUINA PRODUCTORA DE HIELO EN LA ISLA CABALLO, GOLFO DE NICOYA

4.1 Definición del problema:

La instalación de una máquina que fabrique hielo en la isla Caballo ha sido un problema, desde que se intentó hacer por primera vez, debido a las siguientes razones:

- No se realizó un estudio previo sobre la cantidad de hielo que se iba a requerir por parte de los pobladores de la Isla.
- Hasta la fecha no se ha determinado si el agua de la isla es adecuada para el proceso de producción de hielo.
- No se ha determinado si la instalación solar es suficiente para satisfacer el consumo de la máquina.
- Las instalaciones donde se encuentra la máquina no son las más adecuadas.
- El diseño de la máquina no es el más adecuado para una aplicación solar.
- El diseño del compartimiento donde guarda el hielo no se encuentra bien aislado.

Actualmente está máquina se encuentra en el plantel del ICE en Pavas, San José donde se trajo para mejorar su eficiencia y luego ser devuelta a la Isla, una vez solucionados también los problemas de agua y energía en el lugar de su instalación.

4.2 Introducción:

4.2.1 Objetivo General:

Proporcionar un estudio completo que evalúe la posibilidad de instalar esta máquina productora de hielo en la isla.

4.2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar recomendaciones sobre la mejor forma de llevar a cabo el mantenimiento de la máquina.
- Rediseñar el recinto en que se guarda el hielo producido para disminuir la transferencia de calor.
- Revisar si el diseño de la instalación fotovoltaica que se utilizó primeramente para proporcionar la energía eléctrica a la máquina cuando esta se encontraba instalada en la Isla.
- Proporcionar un diseño adecuado del sistema fotovoltaico que maximice la cantidad de hielo que la máquina puede producir.
- Hacer un estimado de la cantidad de dinero que se debe invertir en costos directos en el proyectos, hacer un análisis de la posible inversión y determinar si la cantidad de hielo producida va ser suficiente para satisfacer la necesidad de los pobladores de la isla.

4.3 Datos técnicos de la máquina:

4.3.3 Datos de placa (Fabrica de hielo sin depósito):

- Marca: Cristal Tips, ICE SYSTEMS.
- Número de Modelo: 1350 – FAS – 261 – 22.
- Número de serie: 155900 – 07N.
- Voltaje: 208/230 v.
- Frecuencia: 60 hz.
- Monofásica.
- Refrigerante: R-22.
- Carga (oz/g): 32.0/ 907.
- Compresor: LRA: 48,00; RLA: 5,70.

Tabla 4.1 Características de los motores secundarios de la máquina productora de hielo

| Motores | Amperios | Potencia |
|----------|----------|----------|
| Abanico | 1.20 | 1/20 |
| Reductor | 1.70 | 1/6 |

Fuente Datos de placa de la máquina

- Amperaje mínimo en el circuito: 15 A.
- Tamaño de Fusible Máximo: 20 A.
- Corriente de trabajo en el circuito.
- Presión de trabajo en el sistema de refrigeración(PSIG / KPA): Baja: 230/1586. Alta: 440/ 3034.
- Presión de entrada mínima de agua 40 psi.

4.3.4 Datos de placa (Depósito de hielo):

Número de Modelo: BRS - 950

Número de serie: 203724 – 02B

4.3.5 Descripción de la máquina:

El proceso de obtención del hielo se describe a continuación:

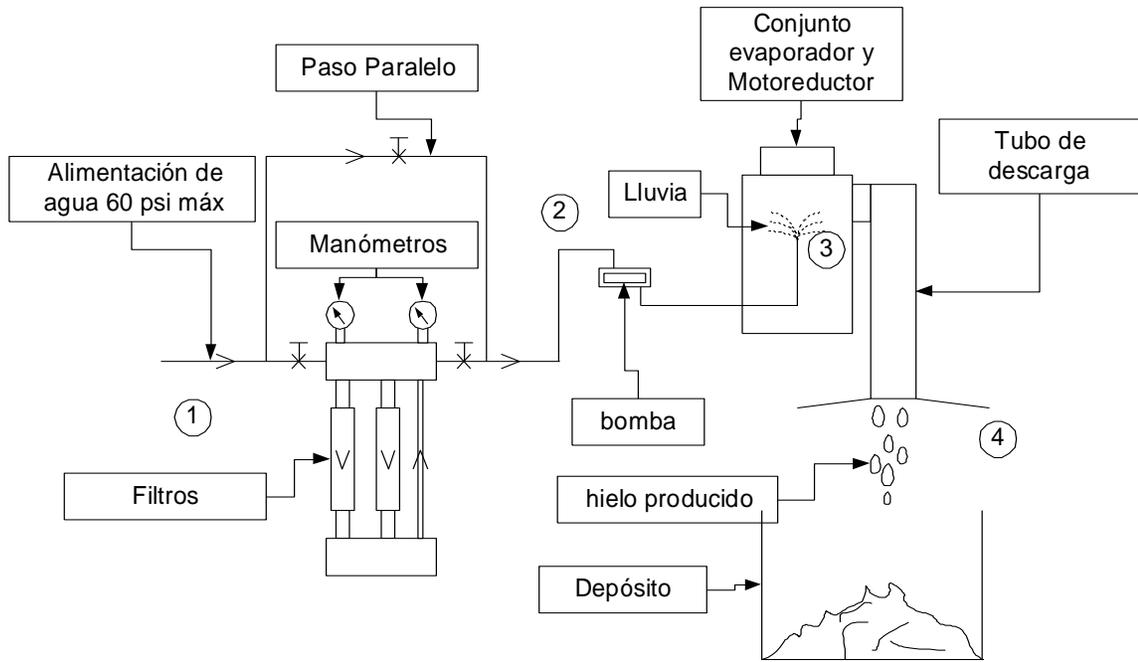


Figura 4.1 Alimentación de agua de la máquina

- 1- Cuando el agua de alimentación proviene de un pozo , es filtrada, o en caso de que provenga de una cañería con agua potable, puede pasar directamente por un paso paralelo.
- 2- El agua filtrada llega a un pequeño depósito donde se encuentra una bomba que levanta la presión de la misma.
- 3- El agua es atomizada contra las paredes de un depósito giratorio que se encuentra dentro del evaporador que sustrae el calor del agua rápidamente, congelándola y el hielo es expulsado por la fuerza centrífuga hacia el tubo de descarga.
- 4- El agua sale del tubo de descarga hacia el depósito donde, en teoría, se debe conservar sin derretirse.

El recorrido del refrigerante dentro de la máquina es el siguiente:

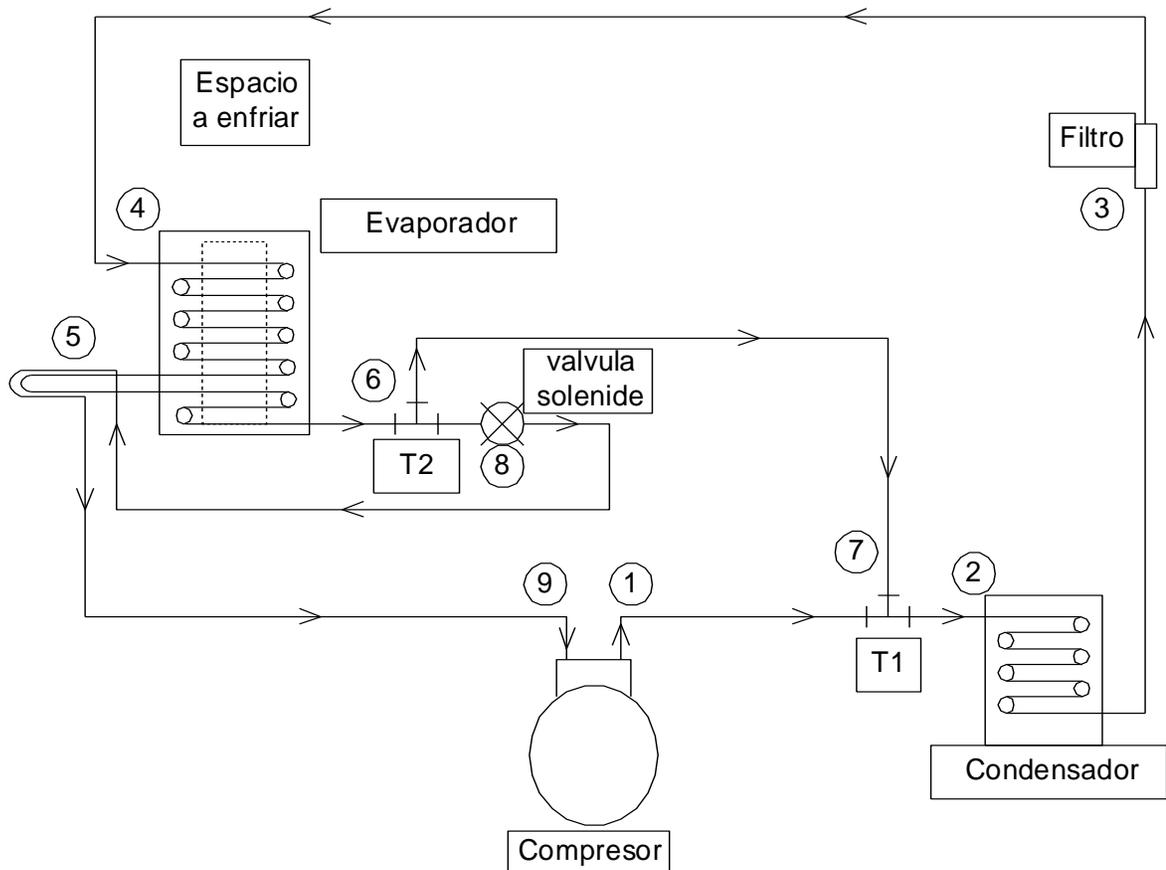


Figura 4.2 Recorrido del refrigerante en el sistema de refrigeración

Descripción Paso a Paso:

- 1- El refrigerante a alta presión sale en estado gaseoso del compresor hacia la unión T1 donde se suma al refrigerante que proviene en las mismas condiciones del evaporador.
- 2- La suma de refrigerante llega al condensador donde se enfría pasando al estado líquido.
- 3- El refrigerante sale del condensador en estado líquido y es filtrado para eliminar las impurezas del sistema.

- 4- El refrigerante llega al condensador donde se encuentra el agua congelándose, absorbe el calor de la misma y se evapora parcialmente.
- 5- La tubería con refrigerante evaporándose sale para perder un poco de calor, le transfiere este a la línea que va hacia el compresor y se vuelve a introducir al evaporador para absorber un poco más de calor y gasificarse.
- 6- La mezcla de refrigerante líquido y gaseoso llega a la unión T2 donde la cantidad de refrigerante, en estado gaseoso, se va directamente a la unión T1 donde se sumará al refrigerante que viene saliendo del compresor.
- 7- El refrigerante que haya quedado en estado gaseoso, se dirige a la válvula solenoide (8) donde se gasifica y pierde presión. Finalmente la tubería lo lleva al compresor (9), lo pasa antes por el punto 5 donde absorbe un poco más de calor y queda el gas totalmente gasificado para seguridad del compresor.

Notas:

- Cómo puede observarse, el diseño del recorrido del refrigerante en la máquina busca un total aprovechamiento del refrigerante al reducir la cantidad de trabajo del condensador a un mínimo y ahorrar energía.
- Además, como se puede observar esta máquina realiza el proceso de evaporación en alta presión ya que de esta manera el refrigerante necesita absorber una mayor cantidad de energía para evaporarse, aumentando el efecto de enfriamiento sobre el agua para poder congelarla más rápidamente.

El diagrama eléctrico de la máquina es la siguiente:

DIAGRAMA ELECTRICO

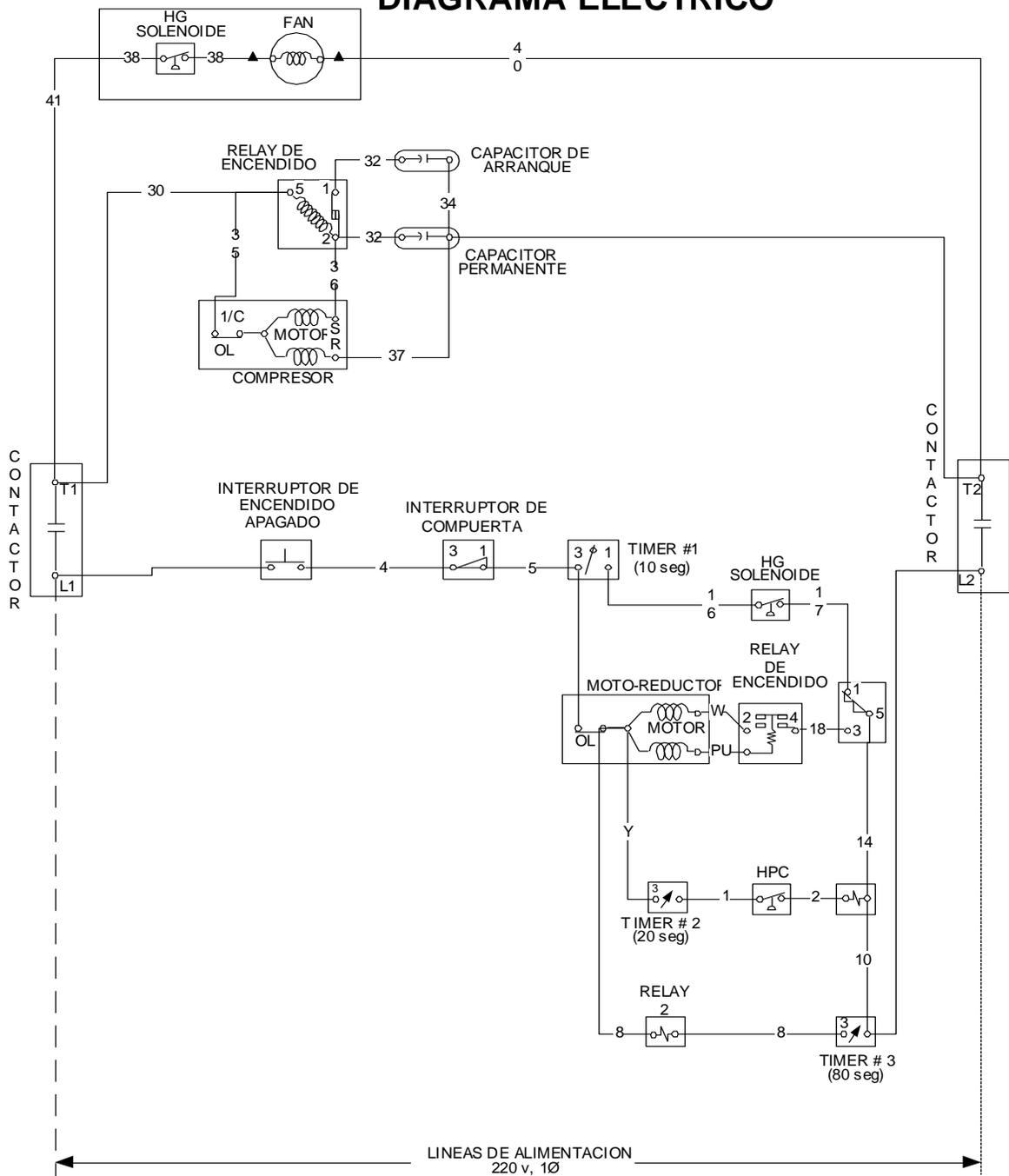


Figura 4.3 Diagrama eléctrico

4.4 Instrucciones a seguir para mantener funcionando exitosamente la máquina productora de hielo

4.4.6 Secciones de la máquina

- **VENTILACION** – Se debe proveer la máquina de aire circulante en todos sus alrededores. Alrededor de las áreas cercanas a la rejilla deben tener como mínimo una separación de 30, 5 cm (12 pulgadas) de espacio libre. La temperatura en el área donde se encuentra la máquina debe estar dentro del rango de 60°F (15,55°C), y 110°F (43,0°C), para una mejor operación.
- **ALIMENTACIÓN DE AGUA** – El agua que se provee debe ser filtrada y purgada con una válvula manual ubicada cerca de la máquina. Si la presión de entrada excede las 60 PSI se debe instalar una válvula reductora de presión para reducir esta a 40 PSI. El agua que entra debe estar tan fría como sea posible y preferiblemente aislada para mantener la máxima producción de hielo. Las rutas de desagüe deben estar cercanas a desagües abiertos. Siguiendo los códigos aplicables.
- **ELECTRICIDAD** – En esta sección se presenta el diagrama eléctrico donde se puede apreciar la configuración del mismo. En el diagrama, se proveen por separado los circuitos de amplia capacidad, el tamaño del fusible no debe ser más grande que “EL MAXIMO TAMAÑO PERMITIDO” indicado en los datos de placa. Dentro de la caja de control se provee un diagrama de línea básico para conocer por separado el funcionamiento de cada componente. La instalación eléctrica fue hecha siguiendo las reglas del NEC y códigos locales.

4.4.7 Encendido y Operación

- 1- Encienda la alimentación de agua y revise el nivel de agua en el recibidor transparente. Si es necesario se debe doblar el brazo flotador para mantener el agua en la línea de nivel, como reserva cuando la máquina se encuentra en operación.

- 2- Con la conexión eléctrica hecha, Accione el interruptor localizado en la caja de control a la posición de encendido (ON). La unidad debe producir hielo 5 minutos después de haberse encendido. Ponga el panel o tapa y atorníllela una vez que la máquina se encuentre en operación.

- 3- A. Aplicación, para tapón o cúspide montado en unidades con micro-switch de control de nivel de hielo, solamente. Se debe revisar el control de nivel de hielo y el retardador térmico de ciclo accionando, el pivote de varilla de nylon extendido que cruza a través de los lados del tubo cuadrado de salida de hielo y rotar el control cuchilla a la posición cortar. La máquina debe detenerse automáticamente y apagarse aproximadamente de 3 a 5 minutos hasta que el deley térmico reinicie; transcurrido este tiempo la máquina debe encender automáticamente.

B. Aplicación para unidades con despachador “vertical” o lateral equipadas con un control de nivel térmico solamente. Revisar el compartimiento térmico instalado en el lugar del hielo en el termostato de bulbo capilar. La unidad debe apagar en un minuto o dos, el calor en el termostato hace que esta reinicie. Con la máquina en operación, revisar el delay térmico y cambiar la posición del interruptor principal a la posición de apagado (OFF) e

inmediatamente volver a encender a la posición de encendido de nuevo (ON). La máquina debe detenerse y apagarse de 3 a 5 minutos aproximadamente hasta que el delay térmico receté y transcurrido este tiempo la máquina debe automáticamente reencender.

- 4- Todas las unidades están equipadas con alguno de estos dos elementos: un rojo “máximo nivel” reset manual en el motor del engranaje o un reset manual switch en un lado de la caja de control para protegerla de sobrecargas y excesos de calor. Si ocurre una condición de sobrecarga, se acciona el botón para que toda la unidad se apague y reencienda, presione el botón de reset y revise para DETERMINAR LA CAUSA DEL MAL FUNCIONAMIENTO.

4.4.8 Limpieza y Saneamiento

Limpie y sanee la máquina de hielo y su compartimiento cada 90 días ó cada vez que las condiciones locales de salud lo sugieran.

Sección de la máquina de hielo (En el lugar de limpieza)**

1. Remueva el panel frontal.
2. Cambie el interruptor a la posición de apagado (OFF) en la caja de control.
3. Cierre o apague el suministro de agua.
4. Remueva el tapón o el tubo plástico de la cámara de congelamiento y drene.
5. Reponga el tapón o el tubo, agregue dos onzas de solución limpiadora dentro de la cámara transparente.

6. Abra o encienda el suministro de agua para llenar la cámara de congelamiento con solución.
7. Cambie el interruptor a la posición de encendido (ON), reponga el panel frontal y permita que la máquina fabrique hielo con la solución durante 15 minutos.
8. Remueva el panel frontal, cambie el interruptor a la posición de apagado (OFF) y drene el evaporador.
9. Para enjuagar, rellene la cámara de congelamiento con agua enjuague y drene.
10. En cualquiera de los 350 modelos remueva el conjunto moto-reductor y el tubo caja de la sección del evaporador. Después remueva toda el agua remanente del evaporador que no se pudo desaguar por el tubo de descarga al lado del evaporador. Reponga el moto-reductor y el tubo de descarga.
11. Para volver a ponerla en operación la máquina se debe sacar todo el hielo acumulado durante la operación de limpieza y reponer todos los paneles.

Descarga de Hielo (Donde sea aplicable)

Remueva el control de nivel de hielo mecánico para liberar el tubo de salida del hielo para realizarle una limpieza individual

Cámara de almacenamiento de hielo (Depósito de hielo)

1. Remueva todo el hielo.
2. Limpie todas las superficies internas de la cámara con la solución para limpiar máquinas (diluida 2 oz. por galón de agua). Use un buen cepillo de nylon o una esponja para limpiar el interior de la cámara de almacenamiento de hielo.
3. Enjuague con agua limpia.

Nota: Para casos severos, la sección del evaporador debe ser desensamblada y limpiada con solución limpiadora para máquina de hielo o limpiador de ácido de fruta. Usar cera pulidora “polish” si es necesario para mantener las superficies sin corrosión.

4.4.9 Mantenimiento Preventivo

CADA TRES MESES: Limpiar el condensador , Límpielo con un cepillo suave o una aspiradora o aire comprimido

UNA VEZ AL AÑO:

1. Aceitar los rodamientos del motor del ventilador del condensador.
2. Remueva el moto – reductor. Revise la cantidad de grasa, el lubricante debe ser visible con el aspersor removido apropiadamente. Revise la condición de las partes en busca de desgaste en los engranajes.
3. Remueva la caja del raspador de hielo e Inspeccione la condición de los rodamientos.
4. Revise los elementos en encendido y operación. Cheque las presiones y la producción de hielo.

4.4.10 Transporte y Almacenamiento

Si la unidad va ser transportada o almacenada, para conservar las temperaturas de congelamiento, se deben acatar las siguientes operaciones:

1. Drene el evaporador removiendo el agua de la manguera de plástico conectada con la reserva de agua (boya flotante).
2. Transporte la máquina en posición vertical para evitar que el refrigerante líquido se vaya a la parte superior del compresor.
3. Una vez instalada la máquina se debe dejar en reposo veinticuatro horas antes de encenderla para evitar que el refrigerante en estado líquido dentro del compresor alcance las cámaras de compresión del mismo.

4.5 Selección del aislante a utilizar para el depósito de hielo.

4.5.1 Dimensiones del depósito:

El área que se desea aislar es el depósito donde se requiere que se conserve por un tiempo prudencial .

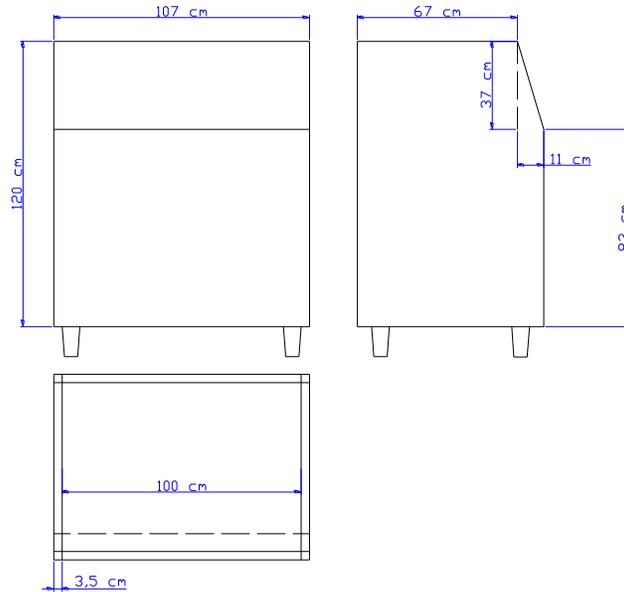


Figura 4.4 Dimensiones externas del depósito de hielo

Determinación del aislante con que cuenta la máquina actualmente

Tabla 4.2 Áreas que se deberán aislar

| | PARED FRONTAL | PARED DERECHA | PARED IZQUIERDA | PARED POSTERIOR | PISO | PUERTA | SUPERFICIE SUPERIOR | AREA TOTAL A CUBRIR (m ²) |
|---------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------|--------|---------------------|---------------------------------------|
| A (m ²) | 0,795 | 0,81975 | 0,81975 | 1,165 | 0,71 | 0,386 | 0,5459 | 5,2414 |

Fuente: Medidas tomadas al depósito de hielo

4.5.2 Condiciones para la selección del nuevo aislante:

- Cantidad de calor que está entrando actualmente al depósito de hielo.
- Condiciones climatológicas de el lugar donde se va a encontrar instalada la máquina.
- Conductividad térmica del nuevo aislante (capacidad de oponerse al paso de energía).
- Función habilidad, durabilidad, costo, etc.

Para determinar la cantidad de calor que está entrando al depósito, actualmente, por cada una de las paredes del mismo, se utilizará la ecuación de transferencia de calor por conducción, que se presenta a continuación:

$$Q = \left[\frac{\Delta T}{\left(\frac{L1}{K1} + \frac{L2}{K2} \right)} \right] * A \text{ (Ecuación 4.1)}$$

Donde:

Q = Flujo de calor que se transfiere (watts ó Joulios/segundo)

ΔT = Diferencia de temperatura entre el lado exterior y el lado interior de cada pared.

L1 = Espesor de la lámina de acero inoxidable.

K1 = Conductividad térmica de la lámina de acero inoxidable.

L2 = Espesor del aislante actual.

K2 = Conductividad térmica del aislante actual.

El depósito actualmente se encuentra aislado en algunas de sus paredes, sin embargo, este aislante permite el paso de una cantidad considerable de calor ya que el hielo pasa a estado líquido en un tiempo muy corto. El material del que está hecho este aislante no se conoce, y además no es posible observarlo ya que para esto se debe abrir alguna de la paredes del depósito y podría dañarse, razón por la cual es

necesario estimar cual sería el tipo de aislante al calcular la cantidad de julios que entra al depósito con cada aislante conocido.

Esta estimación se realizará de la siguiente forma:

1) Espesor del aislante actual:

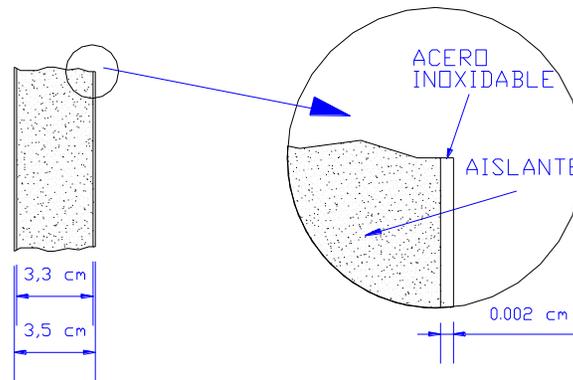


Figura 4.5 Constitución de la pared actual del depósito

2) Diferencia de temperatura en cada una de las paredes del depósito:

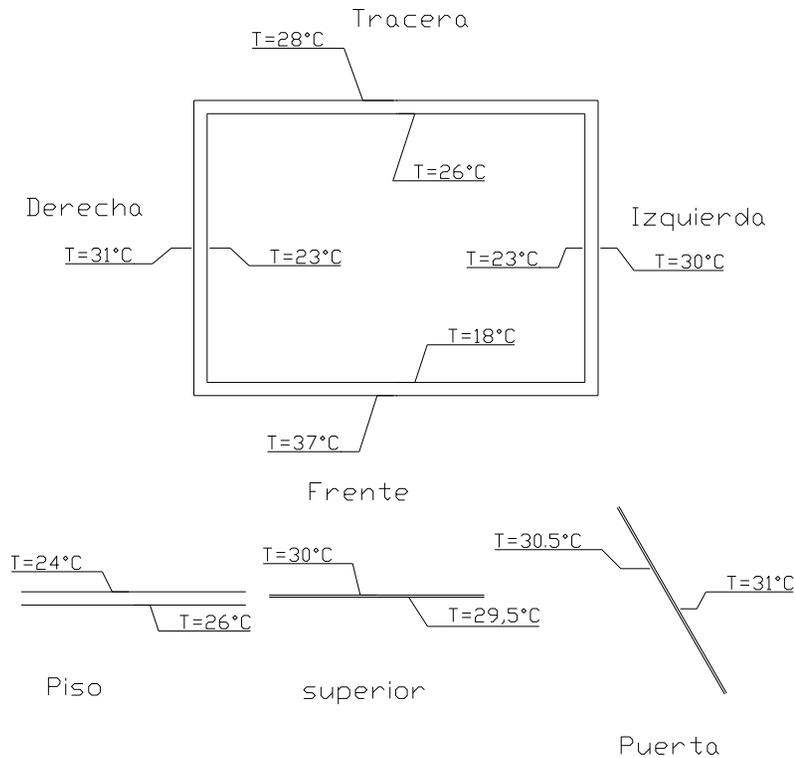


Figura 4.6 Temperaturas registradas en cada una de las paredes del depósito

Tanto la puerta como el área superior del depósito no poseen ningún tipo de aislante, razón por la cual requieren un nuevo diseño para estas áreas.

Se debe calcular cuánto calor pasa por cada una de las paredes del depósito lo que permitirá estimar el espesor del aislante requerido.

El cálculo de flujo de calor para los posibles aislantes se realizó se encuentra organizado en las siguientes tablas:

Tabla 4.3 Flujo de calor con diferentes tipos de aislantes

| | | Superficie | Pared Frontal | Pared Derecha | Pared izquierda | Pared Posterior | PISO |
|---|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| | | L1(m) AISI | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| | | K1(W/(m*K)) | 15,1 | 15,1 | 15,1 | 15,1 | 15,1 |
| | | L2(m) Aislante | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 |
| | | A (m2) | 0,795 | 0,81975 | 0,81975 | 1,165 | 0,71 |
| | | DT (K) | 19 | 8 | 7 | 2 | 2 |
| Nombre del Aislante | Densidad (kg/m3) | K2W/(m*K)) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) |
| Manta, fibra mineral, vidrio;fibra fina | 10 | 0,048 | 21,967 | 9,537 | 8,345 | 3,388 | 2,065 |
| Unión Orgánica | 12 | 0,046 | 21,052 | 9,140 | 7,997 | 3,247 | 1,979 |
| Unión Orgánica | 16 | 0,042 | 19,221 | 8,345 | 7,302 | 2,965 | 1,807 |
| Unión Orgánica | 24 | 0,039 | 17,849 | 7,749 | 6,781 | 2,753 | 1,678 |
| Unión Orgánica | 32 | 0,036 | 16,476 | 7,153 | 6,259 | 2,541 | 1,549 |
| Unión Orgánica | 48 | 0,033 | 15,103 | 6,557 | 5,737 | 2,330 | 1,420 |
| Filtro, Semirrigido | 50 – 125 | 0,038 | 17,391 | 7,550 | 6,607 | 2,683 | 1,635 |
| Filtro de unión orgánica | 50 | 0,033 | 15,103 | 6,557 | 5,737 | 2,330 | 1,420 |
| Papel Asbesto Laminado y Corrugado | | | | | | | |
| 4 - pliegues | 190 | 0,078 | 35,692 | 15,496 | 13,559 | 5,506 | 3,355 |
| 6 - pliegues | 255 | 0,071 | 32,489 | 14,106 | 12,342 | 5,012 | 3,054 |
| 8 - pliegues | 300 | 0,068 | 31,117 | 13,510 | 11,821 | 4,800 | 2,925 |
| Vidrio Celular | 700 | 0,058 | 26,542 | 11,523 | 10,083 | 4,094 | 2,495 |
| Poliestireno, rígido | | | | | | | |
| Extruido (R - 12) | 56 | 0,027 | 12,357 | 5,365 | 4,694 | 1,906 | 1,162 |
| Extruido (R - 12) | 35 | 0,068 | 31,117 | 13,510 | 11,821 | 4,800 | 2,925 |
| Lechos moldeados | 16 | 0,040 | 18,306 | 7,948 | 6,954 | 2,824 | 1,721 |
| Goma, Espuma rígida | 70 | 0,032 | 14,645 | 6,358 | 5,564 | 2,259 | 1,377 |

Fuente: Hoja de Cálculo Ganancias-Hielo.

Para calcular el flujo de calor en las áreas que actualmente no cuenta con aislante se debe utilizar la siguiente ecuación que es una variación de la ecuación 3.1 de la siguiente forma:

$$Q = \left[\frac{\Delta T}{\left(\frac{L1}{K1} \right)} \right] * A \text{ (Ecuación 4.2)}$$

En la tabla siguiente se presenta el flujo de calor que pasa a través de la puerta y la parte superior del depósito.

Tabla 4.4 Flujo de calor a través de la puerta y la parte superior del depósito

| PUERTA | L1(m) AISI | K1(W/(m*K)) | A (m2) | DT (K) | Q (J/s) |
|------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|
| Lámina de acero Inoxidable | 0,002 | 15,1 | 0,386 | 0,5 | 1457,15 |
| PARTE SUPERIOR | | | | | |
| Lámina de acero Inoxidable | 0,002 | 15,1 | 0,0859 | 0,5 | 2060,77 |
| Área cubierta por la máquina | | | 0,3726 | | |
| Área expuesta al aire libre | | | 0,0874 | | |
| Sumatoria de áreas | | | 0,5459 | | |

Fuente Hoja de Cálculo Ganancias-Hielo.

Nota: El área superior se encuentra cubierta en un 81 % por lámina de acero inoxidable y tan sólo un 19 % se encuentra descubierta sin ningún tipo de protección (al aire libre) .Debido a que la velocidad con que se desplaza el aire en este punto es muy pequeña, se considera que la mayor transferencia de calor se da por conducción a través de la lámina.

Antes de realizar la sumatoria de temperaturas se debe averiguar cual es la cantidad de energía que se requiere por segundo para producir un litro de agua que con una pequeña variación en la densidad equivale a un kg de hielo que debe ser calentado y llevado al estado líquido desde una temperatura aproximada desde $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A continuación se presenta este cálculo:

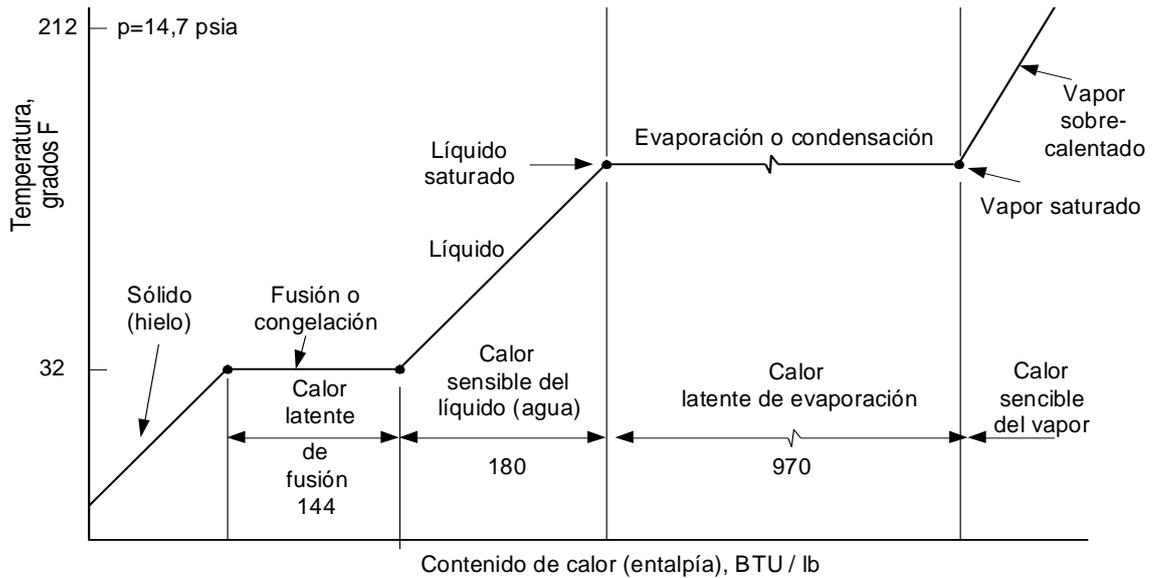


Figura 4.6 Variación de la entalpía o contenido calorífico del agua a presión atmosférica.

Según la figura mostrada la el calor absorbido por el hielo al ser calentado desde -5°C (23°F) hasta 0°C (32°F) es de 8 Btu/lb, de esta forma la cantidad de Julios requeridos para calentar un kilogramo de hielo es la siguiente:

$$8 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times \frac{2.204\text{lb}}{1\text{kg}} \times \frac{1055,056\text{J}}{1\text{Btu}} = 18602,747\text{J}$$

El calor latente de fusión del agua es 144 Btu/lb, por lo que la cantidad de energía necesaria para fundir un kilogramo de hielo es de:

$$144 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times \frac{2.204\text{lb}}{1\text{kg}} \times \frac{1055,056\text{J}}{1\text{Btu}} = 334849,453\text{J}$$

La cantidad de energía necesaria para calentar y fundir 1 Kilogramo de hielo es de 353452,2J.

El tiempo que tarda en salir un litro de agua por el drenaje del depósito de hielo producto del cambio de estado es de 105 segundos, de esta forma se obtiene la cantidad de julios por segundo que está absorbiendo el depósito:

$$\frac{353452,2\text{J}}{105\text{s}} = 3366,21 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Comparación del calor absorbido con cada uno de los aislantes escogidos con el calor que se requiere para calentar y fundir un kilogramo de hielo:

| AISLANTES | Densidad (kg/m ³) | Pared Frontal | Pared Derecha | Pared izquierda | Pared Posterior | PISO | PUERTA | PARTE SUPERIOR | TOTAL (Teórico) | TOTAL (Práctico) | VARIACION |
|---|-------------------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|
| | | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | Q (J/s) | % |
| Manta, fibra mineral, vidrio;fibra fina | 10 | 21,97 | 9,54 | 8,34 | 3,39 | 2,07 | 1457,15 | 2060,77 | 3573,22 | 3366,21 | 5,79% |
| Unión Orgánica | 12 | 21,05 | 9,14 | 8,00 | 3,25 | 1,98 | 1457,15 | 2060,77 | 3573,34 | 3366,21 | 5,80% |
| Unión Orgánica | 16 | 19,22 | 8,35 | 7,30 | 2,96 | 1,81 | 1457,15 | 2060,77 | 3573,56 | 3366,21 | 5,80% |
| Unión Orgánica | 24 | 17,85 | 7,75 | 6,78 | 2,75 | 1,68 | 1457,15 | 2060,77 | 3578,73 | 3366,21 | 5,94% |
| Unión Orgánica | 32 | 16,48 | 7,15 | 6,26 | 2,54 | 1,55 | 1457,15 | 2060,77 | 3583,90 | 3366,21 | 6,07% |
| Unión Orgánica | 48 | 15,10 | 6,56 | 5,74 | 2,33 | 1,42 | 1457,15 | 2060,77 | 3597,07 | 3366,21 | 6,42% |
| Filtro, Semirrigido | 50 - 125 | 17,39 | 7,55 | 6,61 | 2,68 | 1,63 | 1457,15 | 2060,77 | 3553,79 | 3366,21 | 5,28% |
| Filtro de unión orgánica | 50 | 15,10 | 6,56 | 5,74 | 2,33 | 1,42 | 1457,15 | 2060,77 | 3599,07 | 3366,21 | 6,47% |
| Papel Asbesto Laminado y Corrugado | | | | | | | | | | | |
| 4 - pliegues | 190 | 35,69 | 15,50 | 13,56 | 5,51 | 3,36 | 1457,15 | 2060,77 | 3781,53 | 3366,21 | 10,98% |
| 6 - pliegues | 255 | 32,49 | 14,11 | 12,34 | 5,01 | 3,05 | 1457,15 | 2060,77 | 3839,93 | 3366,21 | 12,34% |
| 8 - pliegues | 300 | 31,12 | 13,51 | 11,82 | 4,80 | 2,93 | 1457,15 | 2060,77 | 3882,10 | 3366,21 | 13,29% |
| Vidrio Celular | 700 | 26,54 | 11,52 | 10,08 | 4,09 | 2,50 | 1457,15 | 2060,77 | 4272,66 | 3366,21 | 21,22% |
| Poliestireno, rígido | | | | | | | | | | | |
| Extruido (R - 12) | 56 | 12,36 | 5,37 | 4,69 | 1,91 | 1,16 | 1457,15 | 2060,77 | 3599,41 | 3366,21 | 6,48% |
| Extruido (R - 12) | 35 | 31,12 | 13,51 | 11,82 | 4,80 | 2,93 | 1457,15 | 2060,77 | 3617,10 | 3366,21 | 6,94% |
| Lechos moldeados | 16 | 18,31 | 7,95 | 6,95 | 2,82 | 1,72 | 1457,15 | 2060,77 | 3571,68 | 3366,21 | 5,75% |
| Goma, Espuma rígida | 70 | 14,65 | 6,36 | 5,56 | 2,26 | 1,38 | 1457,15 | 2060,77 | 3618,13 | 3366,21 | 6,96% |

Tabla 4.5 Flujo de calor con diferentes tipos de aislantes

Fuente: Hoja de Cálculo Ganancias-Hielo

Al comparar los valores teóricos de flujo de calor con los valores prácticos obtenidos para los posibles aislantes que el depósito, eventualmente podría tener, se observa que la variación más pequeña de todas es de un 5,28%, la cual corresponde al aislante fieltro semi -rígido. Esto permite concluir que el aislante que tiene el depósito actualmente es este mismo o su equivalente.

De esta forma se procede a seleccionar el aislante que se utilizará para evitar el flujo de calor.

El aislante seleccionado es de la marca Prodex y su aplicación principal es para aislar techos de áreas acondicionadas, pero con un pegamento adecuado, éste puede ser usado para cubrir el depósito del hielo.

Dentro de las ventajas que ofrecen los aislantes de esta marca se enlistan las siguientes:

- Es un aislante térmico.
- Ahorro en tiempo de colocación.
- Material de celdas cerradas totalmente impermeable.
- Higiénico, al no tener porosidad evita el asentamiento de bichos y humedad.
- Evita la condensación.
- Resistente a los agroquímicos, ácidos, bases, aceites y agua.
- Los productos desinfectantes no alteran su composición y rendimiento.
- No absorbe olor por ser un material de celda cerrada.
- No adquiere polvo por no tener porosidad.
- Lavable.
- Brinda una superficie pareja y firme.
- Homogéneo en su espesor.
- Material reflexivo a los rayos infrarrojos logrando ahorro de energía.

- Son fáciles de transportar.
- No desprende partículas de ningún tipo.
- Reciclables. No contaminan el medio ambiente. No contienen freón.

Para calcular el espesor que va a requerir el nuevo aislante es de mucha importancia tomar en cuenta que los datos para obtener el flujo de calor obtenido con el aislante fieltro semi-rígido fue medido en Pavas (San José). Aquí se encuentra la máquina actualmente y el lugar donde se piensa instalar esta máquina es en la isla caballo en el golfo de Nicoya, donde las temperaturas máximas registradas durante el año son de 35,3°C, para Paquera (Puntarenas) que es el lugar más cercano a la isla. Ver figura 7.2)

De esta forma el nuevo aislante tiene que soportar temperaturas exteriores superiores a los 35,3°C y evitar que el calor se transfiera hacia el interior del depósito. Además, se debe colocar una nueva pared en la parte superior del depósito que soporte el peso de la máquina y además provea el aislante necesario para esta superficie.

Para garantizar que el aislante cumpla con una diferencia máxima entre la superficie externa y la interna del depósito, se ha propuesto tomar a la temperatura ambiente máxima registrada en la zona como la temperatura externa de la superficie aumentada un 15% como margen de seguridad. De esta forma el aislante debe garantizar una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de 40,6 grados (0°C interior y 40,6 °C en el exterior).

Como es de conocimiento propio, el aislante térmico perfecto no existe, razón por la cual se puede llegar a aislar el depósito para que conserve la mayor cantidad de hielo durante un tiempo prudencial que permita aprovechar al usuario el mayor tiempo posible.

Debido a esta razón este diseño busca que la mayor cantidad de hielo se conserve durante la mayor cantidad de tiempo posible.

A continuación se determina el volumen de hielo que se requiere conservar.

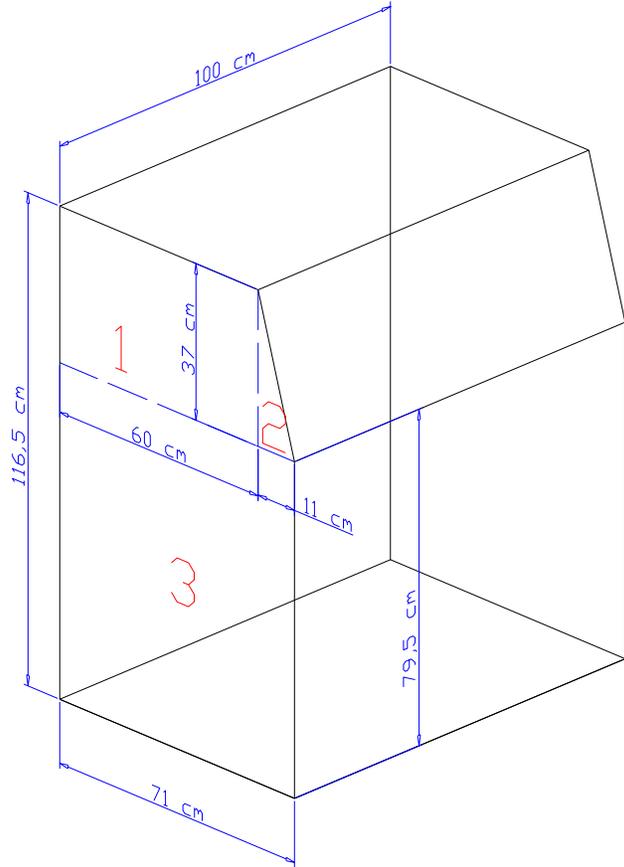


Figura 4.7 Dimensiones del depósito de hielo

Donde:

$$V1 = 0.60m \times 0.37m \times 1m = 0.222m^3$$

$$V2 = \left(\frac{0.11m \times 0.37m}{2} \right) \times 1m = 0.2035m^3$$

$$V3 = 0.71m \times 0.795m \times 1m = 0.56445m^3$$

$$V_T = V1 + V2 + V3 = 0.222m^3 + 0.2035m^3 + 0.56445m^3 = 0.8068m^3$$

$$V_T = 0.8068m^3 \times \frac{1000l}{1m^3} \times \frac{1Kg(hielo)}{litro} = 806,8Kg(Capacidad)$$

La cantidad de hielo que la máquina puede producir en una hora es de 16.904 Kg., lo que significa que esta debería estar funcionando durante 48 horas continuas para poder llenar el depósito totalmente.

Debido a que la máquina se encontrará alimentada por un sistema fotovoltaico se debe garantizar que la mayor cantidad de hielo se conserve en estado sólido durante un tiempo prudencial en que las baterías se estarán recargando.

De esta forma el diseño se hará para que durante dos días el volumen de hielo producido sólo se haya reducido en un 1%.

Es decir que de los 806,8Kg de hielo producidos al cabo de 48 horas de funcionamiento continuo otras 48 horas después queden 798,7 Kg. de hielo, en estado sólido.

A continuación se presenta el cálculo de la cantidad de energía máxima que podrá entrar al depósito:

Cantidad de hielo que se podrá perder:

$$806.8\text{Kg} - 798.7\text{Kg} = 8.1\text{Kg}$$

En 48 horas sólo 8,1 Kg. de hielo pasarán a estado líquido, para calentar y fundir 1 Kg. de hielo se requieren 353 452.2 J.

$$\text{Tiempo}(s) = 48\text{horas} \times \frac{3600\text{s}}{1\text{hora}} = 172800 \text{ segundos}$$

Para calentar y fundir 8.1 Kg. de hielo se requieren 2 862 962.82 J lo que significa que al depósito sólo podrá entrar como máximo:

$$\frac{2862962.82\text{J}}{172800} = 16.568 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Los 16,568 J /s estarán distribuidos en las 7 superficies del depósito en forma equitativa de la siguiente manera.

$$\frac{16.568\text{J}}{7 \text{ sup.}} = 2.3668 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times \text{sup.}$$

El procedimiento para obtener la ecuación por utilizar, para calcular el espesor del nuevo aislante se presenta a continuación.

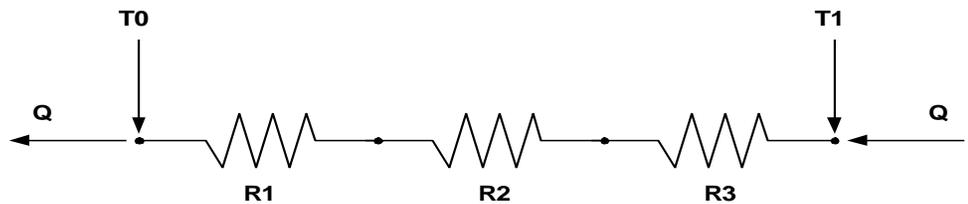


Figura 4.8 Circuito Térmico de la pared del depósito.

$$\Sigma R = \frac{L1}{K1 * A} + \frac{L2}{K2 * A} + \frac{L3}{K3 * A}$$

$$\Delta T = \left(\frac{L1}{K1 * A} + \frac{L2}{K2 * A} + \frac{L3}{K3 * A} \right) * Q \Rightarrow \Delta T = \left(\frac{L1}{K1} + \frac{L2}{K2} + \frac{L3}{K3} \right) * \frac{Q}{A}$$

$$\frac{\Delta T * A}{Q} = \left(\frac{L1}{K1} + \frac{L2}{K2} + \frac{L3}{K3} \right) \Rightarrow \frac{L3}{K3} = \left(\frac{\Delta T * A}{Q} - \frac{L1}{K1} - \frac{L2}{K2} \right)$$

$$L3 = \left(\frac{\Delta T * A}{Q} - \frac{L1}{K1} - \frac{L2}{K2} \right) * K3 \text{ (ecuación 4.9)}$$

De acuerdo con las características técnicas del tipo de aislante seleccionado la conductividad térmica del mismo se encuentra dentro del rango de 0,035 a 0,045 W/ m°C. Para efectos de seguridad del diseño se considerará la conductividad térmica mayor del rango que se define de la siguiente forma:

$$K3 = 0,045 \frac{W}{m^{\circ}C} \times \frac{1^{\circ}C}{274,15K} = 1,641437 \times 10^{-4} \frac{W}{mK}$$

Debido a que esta máquina junto con su depósito se encontrará ubicada dentro de una bodega sin cielorraso (Ver anexo No.4), cerca de equipos que generan calor, tales como las baterías, en la Isla Caballo, donde, según el Instituto Meteorológico Costarricense, se registra un 35,3 °C (ver anexo No. 3, figura 7.2) el aislante debe garantizar como prevención una diferencia de temperatura un 15% mayor que esta, es decir que la diferencia de temperatura máxima que la pared del depósito debe llegar a soportar es de 40,6°C.

Entre las partes del depósito que requieren un nuevo diseño se encuentran la parte superior del mismo, y la puerta por donde se saca el hielo producido.

A continuación se presenta el diseño de la parte superior y de la puerta:

4.5.3 Cálculo del espesor del aislante de la parte superior:

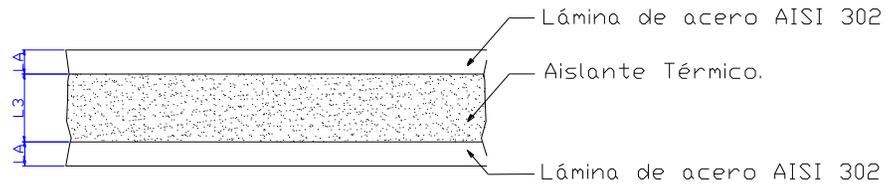


Figura 4.9 Capas de la nueva superficie superior.

$$L1 = 2 \times LA$$

$$\Delta T = \left(\frac{L1}{K1 * A} + \frac{L3}{K3 * A} \right) * Q \Rightarrow \Delta T = \left(\frac{L1}{K1} + \frac{L3}{K3} \right) * \frac{Q}{A} \Rightarrow \frac{\Delta T * A}{Q} = \left(\frac{L1}{K1} + \frac{L3}{K3} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{L3}{K3} = \frac{\Delta T * A}{Q} - \frac{L1}{K1} \Rightarrow L3 = K3 * \left(\frac{\Delta T * A}{Q} - \frac{L1}{K1} \right)$$

$$\Rightarrow L3 = 1,64 \times 10^{-4} \frac{W}{mK} * \left(\frac{40,6K * 0,546m^2}{2,43319 w} - \frac{0,002m}{15,1 \frac{W}{mK}} \right) = 1,06 \times 10^{-3} m$$

Las dimensiones de esta nueva superficie superior se dan a continuación:

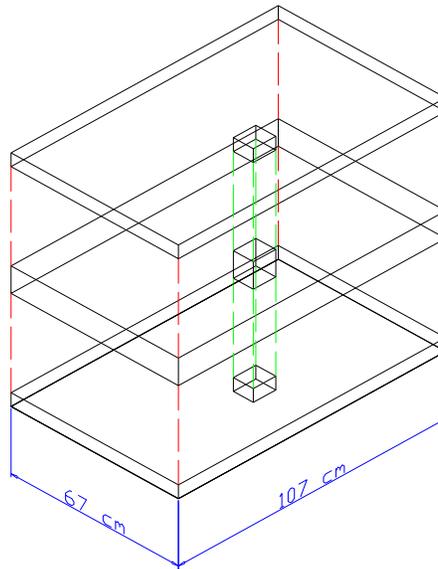


Figura 4.10 Diagrama de explosión de la nueva superficie superior

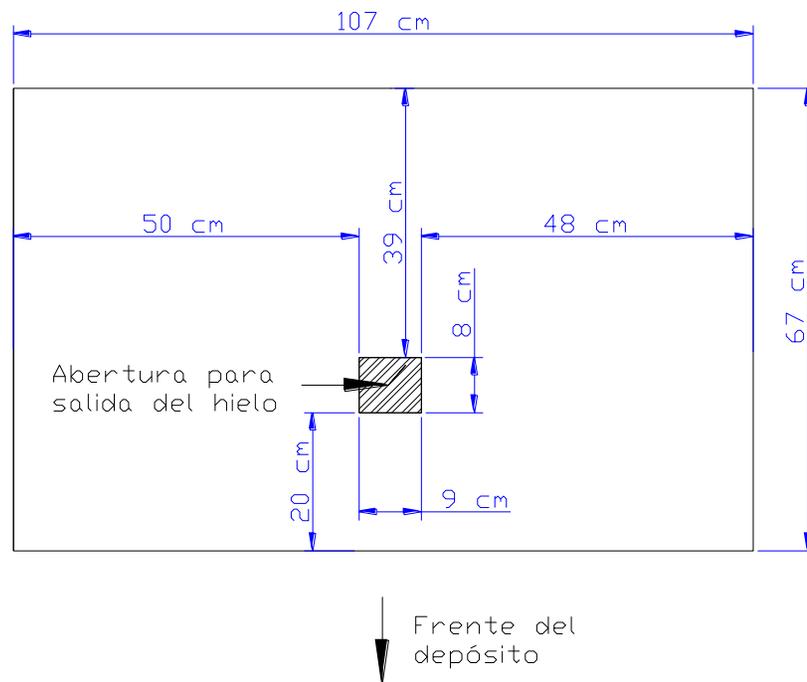


Figura 4.11 Vista superior de la nueva superficie superior.

4.5.4 Cálculo del espesor del aislante de la puerta del depósito:

$$L3 = 1,64 \times 10^{-4} \frac{W}{mK} * \left(\frac{40,6K * 0,386m^2}{2,43319 w} - \frac{0,002m}{15,1 \frac{W}{mK}} \right) = 1,5 \times 10^{-3} m$$

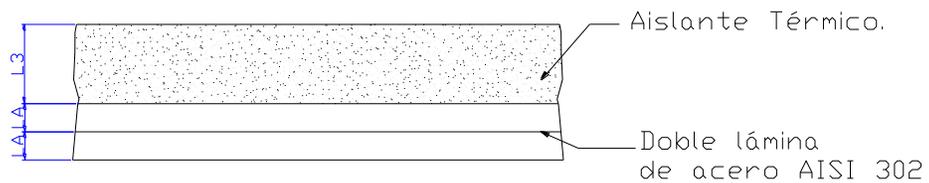


Figura 4.11 Colocación del aislante para la puerta del depósito

Nota: La puerta actualmente posee una doble lámina de acero inoxidable

Además del nuevo aislante, la puerta requiere un empaque de hule en los bordes que irán de cara al depósito y otro empaque en los bordes que irán de cara al sistema además de dos cerraduras cuya función será la ejercer presión sobre los empaques cuando la puerta esté cerrada, logran que estos formen un sello que se obstruya al paso de flujo calórico.

A continuación se presenta el espesor mínima de nuevo aislante que deberá llevar cada una de las paredes del depósito para las condiciones atmosféricas de la Isla Caballo, obtenido con la ecuación 3.3.

Tabla 4.6 Espesor calculado del nuevo aislante.

Características de las paredes del depósito

| CAMBIO DE TEMPERATURA | AISI 302 | | AISLANTE FIELTRO SEMIRRIGIDO O EQUIVALENTE | | |
|-----------------------|------------|--------------|--|----------------|--------------|
| DT (K) | L1(m) AISI | K1 (W/(m*K)) | Densidad (kg/m3) | L2(m) Aislante | K2 (W/(m*K)) |
| 40,600 | 0,002 | 15,1 | 50 - 125 | 0,033 | 0,038 |

| | AISLANTE SELECCIONADO | | | | | |
|-----------------|-----------------------|------------------|----------------|--------------|-----------|----------|
| | A (m2) | Q (J/s) Anterior | Q(J/s) (Nuevo) | K3 (W/(m*K)) | L3 (m) | L3(mm) |
| PARED FRONTAL | 0,795 | 37,162 | 2,43319 | 0,0001641 | 0,0025069 | 2,506945 |
| PARED DERECHA | 0,820 | 38,319 | 2,43319 | 0,0001641 | 0,002585 | 2,584991 |
| PARED IZQUIERDA | 0,820 | 38,319 | 2,43319 | 0,0001641 | 0,002585 | 2,584991 |
| PARED POSTERIOR | 1,165 | 54,457 | 2,43319 | 0,0001641 | 0,0036737 | 3,673699 |
| PISO | 0,710 | 33,189 | 2,43319 | 0,0001641 | 0,0022389 | 2,238907 |

Fuente: Hoja de cálculo Ganancias-Hielo

El área total que se deberá cubrir con el nuevo aislamiento es de 5,2414 m².

El aislante que se piensa instalar puede conseguirse en el mercado en la siguiente presentación.

Tabla 4.7 Dimensiones del nuevo aislante

| Producto | Espesor (mm) | Ancho (m) | Largo (m) | M ² por rollo |
|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------------------|
| AD-5 / AD-10 | 5 /10 | 1,22 | 20 | 12,2 |

Fuente: Cotización para el proyecto depósito de hielo (ver anexo No. 5, figura 7.11)

Este tipo de aislante tiene doble cobertura de Aluminio lo que permitirá una mayor durabilidad del mismo así como una reflexión mayo contra los rayos solares.

4.5.5 Procedimiento para la instalación del aislante es el siguiente:

- 1) Forma de recortar el aislante: Se debe recortar un cuadrante de aislante del tamaño adecuado a cada una de las superficies externas a por cubrir.

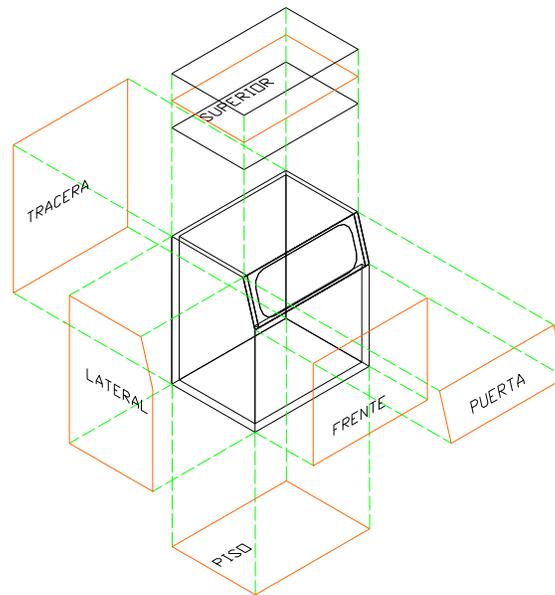


Figura 4.12 Diagrama en tres dimensiones de los segmentos de aislante

Debido a la presentación en que viene el aislante, los cuadrantes de éste deben ser recortados del rollo de la siguiente forma:

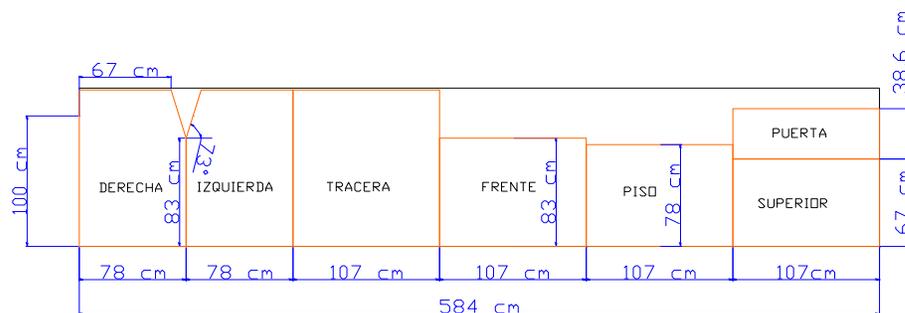


Figura 4.13 Cuadrantes de aislante recortados del rollo.

- 2) Para la instalación del aislante, en primer lugar, es necesario realizar una limpieza profunda de todas las impurezas que tienen las superficies y posteriormente se debe proceder a pegar el aislante poniendo abundante pegamento en la capa interna que irá directamente en contacto con la superficie de acero inoxidable del depósito.

4.6 Diseño del sistema fotovoltaico

Otro de los inconvenientes que tiene esta máquina es que la primera vez que se hizo su instalación en la isla no se realizó un diseño adecuado de la instalación eléctrica Fotovoltaica que esta necesitaría para funcionar adecuadamente y producir una cantidad adecuada que satisfaga la necesidad de hielo que tenga la misma.

A continuación se presenta el procedimiento que se seguirá para llevar a cabo el diseño del sistema fotovoltaico que requiere la máquina para brindar una producción adecuada de hielo.

Para determinar la cantidad de hielo que produce la máquina en una hora se tomaron varias muestras de producción, en ese lapso, donde se obtuvo un promedio de producción de 16,902 Kg. de hielo por hora.

Averiguar cual es la cantidad de hielo que se necesita diariamente en la Isla. De acuerdo con la cantidad de pescado que los habitantes de la Isla colectan diariamente según la consulta hecha a los mismos, en palabras de ellos, se necesitarían aproximadamente 9 tinas de hielo diarias para satisfacer la demanda. La cantidad de hielo que puede transportar cada tina es muy relativa a su tamaño. La masa de hielo que le cabe a una tina en promedio es de 25 Kilogramos, sin embargo debido a que el tamaño de las tinas es muy variado, la producción requerida de la máquina se fijará en 10 Tinas diarias para un equivalente de 250 Kg. de hielo al día.

Cálculo de la cantidad de hielo que la máquina puede producir diariamente según la cantidad de horas de funcionamiento que le proporcionará el sistema fotovoltaico que se tiene dispuesto en la Isla.

4.6.1 Cantidad de hielo producida con el sistema fotovoltaico actual

Para realizar este cálculo el primer paso es hacer un levantamiento de la cantidad de paneles, baterías y demás equipos que se tienen a disposición para este proyecto.

Tabla 4.8 Inventario de equipo dispuesto en la Isla

COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

| EQUIPO | CANTIDAD | MARCA | MODELO | CAPACIDAD |
|--------------------|----------|------------------|----------------------|------------|
| Paneles | 60 | SIEMENS | SR100 | 100 WATTS |
| Regulador de carga | 1 | SES | PMC-9700M-24/240/160 | 24/240 V |
| Baterías | 36 | TUDOR | 16 EAN 120 | 1085 A/hr |
| Inversor | 2 | TraceENGINEERING | DR2412 | 2400 WATTS |

Fuente: Componentes de la instalación fotovoltaica dispuesta.

El siguiente paso es calcular la corriente pico que pueden proporcionar los paneles solares. Los cálculos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.9 Corriente Pico máxima que pueden proporcionar el banco de paneles solares

A. CORRIENTE PICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

| | | | |
|----|--|-----|----------|
| A1 | Total de paneles solares: | 60 | Paneles |
| A2 | Voltaje del sistema | 24 | Voltios |
| A3 | Voltaje nominal por Panel Solar (Catálogo) | 12 | Voltios |
| A4 | Número de paneles en serie (A2/A3) | 2 | Paneles |
| A5 | Cantidad de Paneles en paralelo (A1/A4) | 30 | Paneles |
| A6 | Corriente pico por panel Solar (Catalogo) | 5,9 | Amperios |
| A7 | Corriente pico del sistema fotovoltaico (A5x A6) | 177 | Amperios |

Fuente: Características propias del panel solar utilizado (ver anexo No.6, Figura 7.13)

De acuerdo con los resultados de este cálculo, la máxima cantidad de amperios que se puede llegar a registrar al medir la corriente proporcionada por el banco de paneles solares es de 177 A.

Notas:

- El dato de corriente Pico por panel solar se obtuvo del catálogo de los paneles solares que viene en el anexo #6
- Debido a que el controlador de carga que se tiene funciona a una tensión de 24 voltios, se deben conectar dos paneles en serie para lograr este voltaje y luego conectar las parejas de paneles en paralelo para lograr la misma tensión para todo el banco de paneles de la siguiente forma.

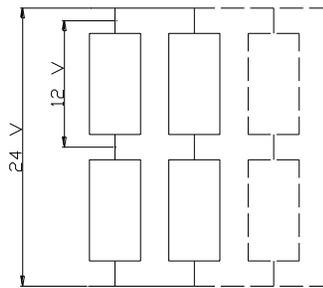


Figura 4.14 Diagrama de conexión de los paneles solares

El siguiente paso es calcular la corriente máxima que puede proporcionar el sistema en corriente directa al restarle las pérdidas del mismo.

Tabla 4.10 Potencia máxima que puede proporcionar el banco de paneles solares

B. POTENCIA QUE PUEDE PROPORCIONAR EL SISTEMA

| | | | |
|----|--|------------|----------------|
| B1 | Corriente pico del sistema fotovoltaico (A7) | 177 | Amperios |
| B2 | Horas - sol diarias | 4 | horas-sol |
| B3 | Corriente proporcionada diariamente(B1xB2) | 708 | Amperios-hora |
| B4 | Factor de seguridad (pérdidas del sistema) | 1,1 | 10 % - |
| B5 | Corriente proporcionada diariamente(B3 corregido) | 643,636 | Amperios-hora |
| B6 | Voltaje del sistema (A2) | 24 | Voltios |
| B7 | Potencia que podrá proporcionar el sistema (Potencia diaria DC para la carga AC),(B5xB6) | 15447,2727 | Watts-hora/día |

Fuente: Características propias del panel solar utilizado (ver anexo No. 6, figura 7.13)

Las horas – sol diarias se obtuvieron de estudios realizados por el instituto meteorológico costarricense y el la escuela de física y centro de investigaciones geofísicas de la Universidad de Costa Rica.

De esta forma los valores de brillo solar que prevalecen en esta región también dependen de la época en que nos encontremos, la cobertura nubosa es mayor durante los meses de mayo hasta noviembre que es la época lluviosa, en especial tierra adentro donde se dan condiciones de calentamiento local y donde la brisa de mar es forzada a subir manteniendo promedios de 5

horas de sol diarias. De enero a abril los valores de horas de sol suben para situarse en las 8 horas como promedio.

Debido a que el diseño se debe hacer para las condiciones más críticas de irradiación solar, durante el año, la cantidad de horas sol deben ser las mínimas registradas durante el año. Según la figura 4.15., las horas sol mínimas registradas durante el año son 4. Sin embargo, esta condición crítica puede verse mejorada en los meses de verano donde el promedio de horas sol puede llegar a ser de 8 horas diarias.

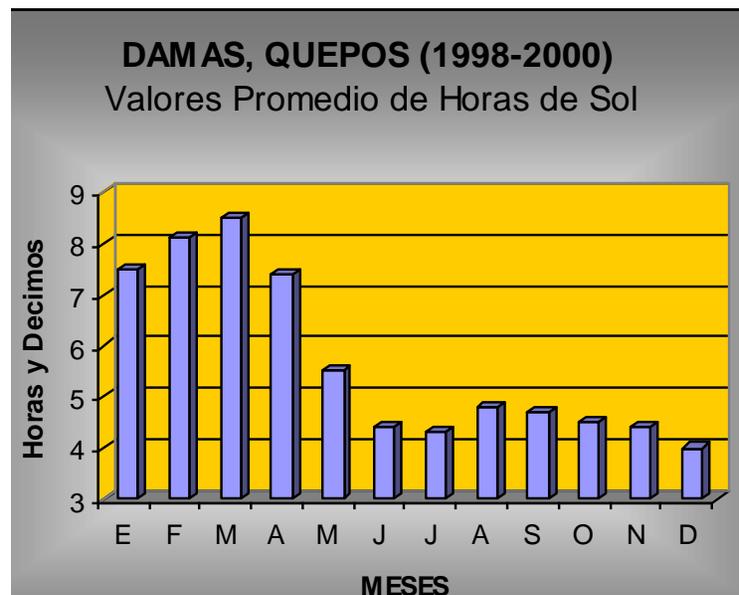


Figura 4.15: Instituto meteorológico costarricense

Este dato debe ser corroborado con el Estudio climatológico de la radiación solar global en Costa Rica en la estación radio-métrica ubicada en las cercanías de Punta Morales, que es el punto más cercano a la Isla, del cual se tiene registro. Los siguientes datos son de radiación solar anual:

Tabla 4.11 Irradiación solar Anual para el golfo de Nicoya en MJ/ m² (Mega julios por metro cuadrado).

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Promedio |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 17 | 19 | 20 | 20 | 17 | 15 | 15 | 16 | 16 | 15 | 14 | 17 | 16,75 |

Fuente: Estudio climatológico de la radiación solar global en Costa Rica

De acuerdo a estos datos la cantidad de horas sol se obtiene de la siguiente manera.

$$14 \frac{MJ}{m^2} \times \frac{1}{1000 w} \times \frac{277 \frac{w-h}{m^2}}{1MJ} = 3,878 \text{ horas-sol}$$

De esta forma se puede notar que la variación entre los dos datos es de tan sólo un 3 %, por lo que se puede asegurar que la cantidad mínima de horas sol va a ser 4 horas, restándole las pérdidas del sistema (caídas de corriente, eficiencia de paneles, conexiones etc) es de 15477,27 Watts-hora/día. El paso siguiente es calcular la cantidad de días que se podrá mantener el sistema funcionando sin recibir recarga de los paneles solares.

Tabla 4.12 Cálculo de la cantidad de días que podrá abastecer el banco de baterías a la máquina sin necesidad de ser recargado.

C. DIAS DE AUTONOMIA QUE TENDRA EL SISTEMA

| | | | |
|-----|---|------------|---------------|
| C1 | Cantidad de Baterías del sistema | 36 | Baterías |
| C2 | Voltaje del sistema (A2) | 24 | Voltios |
| C3 | Voltaje nominal por Batería (Catálogo) | 2 | Voltios |
| C4 | Número de Baterías en serie (C2/C3) | 12 | Baterías |
| C5 | Baterías conectadas en paralelo (C1/C4) | 3 | Baterías |
| C6 | Capacidad nominal de batería (Catálogo) | 1081 | Amperios-hora |
| C7 | Corriente por hora que proporcionará el Banco (C5xC6) | 3243 | Amperios-hora |
| C8 | Factor de profundidad de descarga | 0,6 | Menor que 1 |
| C9 | Capacidad nominal del banco de baterías (C7x C8) | 1945,8 | Amperios-hora |
| C10 | Corriente requerida por el sistema diariamente (B3) | 643,636 | Amperios-hora |
| C11 | Días de Autonomía del sistema (C9/C10) | 3,02313559 | Días |

Fuente: Manual para la instalación rural fotovoltaica.

El voltaje nominal de cada una de las 36 baterías es de 2 voltios, por lo que se deben conectar 12 baterías en serie para obtener el voltaje nominal que requiere el sistema de la siguiente forma.

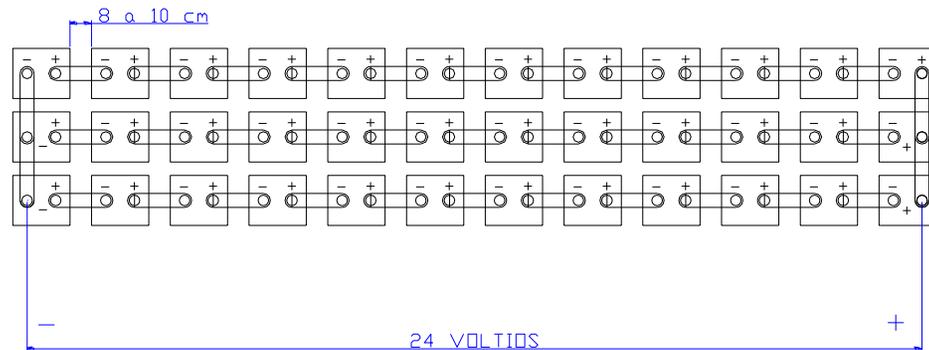


Figura 4.16 Banco de Baterías dispuesto

Se debe dejar un espacio prudencial de 8 a 10 cm entre batería y batería para que el aire, a temperatura ambiente, circule entre las mismas y evite que se sobrecalienten.

La capacidad nominal de la batería se ha seleccionado de acuerdo a la capacidad que tienen las baterías de llegar a descargarse (ver anexo #8). Para el caso de las baterías utilizadas, marca TUDOR, modelo 16 EAN 120 se ha seleccionado la mayor cantidad de amperios que puede proporcionar cada batería en una hora, ya que para dar un volumen de producción adecuada se requiere la mayor capacidad del sistema (1081 A/hr), al tomar como límite de voltaje inferior 1,65 V.

Debido a que hay tres filas de Baterías en serie, la corriente de cada fila es de 1081 A/hr y la sumatoria de corriente de las tres filas conectadas en paralelo es de 3243 A/hr.

Esta cantidad de corriente es la que podría proporcionar el banco de baterías en una hora si se descargan las baterías en un 100 %, pero debido a que estas sufren de grandes daños irreversibles cuando se les aplica una descarga excesiva. La máxima descarga que pueden soportar las baterías será de un 60% de la capacidad total del banco, es decir que de los 3242 A/hr que tiene el banco sólo podrá poner a disposición de la carga 1945 A/hr.

La corriente que se le entrega al banco de baterías que proviene de los paneles solares, es de 643,636 A – hora. Por esta razón la máxima cantidad de corriente que el banco de baterías proporcionará a la máquina productora

de hielo será de 643,436 A – hora. Por esta razón se prevé que en caso de que el banco de baterías completamente cargado quedara sin alimentación de los paneles, la reserva de energía le alcanzaría al sistema para mantenerse en funcionamiento por tres periodos de trabajo.

El siguiente paso es calcular de acuerdo a la potencia que podrá proporcionar el sistema en corriente alterna, la cantidad de horas que está en funcionamiento la máquina al día.

Según los datos de placa de la máquina productora de hielo la cantidad máxima de corriente que esta puede llegar a necesitar es de 15 A. Para seguridad del diseño se tomará este dato, que multiplicado por el voltaje de 220 V, da la potencia máxima de la carga continua requerida por la máquina que es de 3300 w. Sin embargo, al medir la corriente consumida por la máquina en funcionamiento, esta no superó los 13 A.

Debido a que dentro de la máquina hay tres motores de inducción que son los de el ventilador, el moto-reductor y el del compresor se debe considerar cuando menos un pico de potencia de arranque de cinco veces la potencia continua, de esta forma el pico de arranque será de 16500 w.

Tabla 4.13 Cálculo de la cantidad de horas al día que podrá funcionar la máquina

| D. CANTIDAD DE HORAS AL DÍA QUE PODRÁ FUNCIONAR EL SISTEMA | | | |
|--|---|---------------|-------------------------------------|
| CARGA ALIMENTADA POR CORRIENTE ALTERNA | | | |
| D1 | D2 | D3 | D4 |
| Artículo AC | Cantidad | Carga (Watts) | Sobrecarga Pico de arranque (watts) |
| Máquina de hacer hielo | 1 | 3300 | 16500 |
| D5 | Máxima carga continua AC (Suma (D2xD3)) | 3300,0 | Watts |
| D6 | Máxima sobre-carga AC (D4) | 16500 | Watts |
| D7 | Potencia que podrá proporcionar el sistema (CD) (B7) | 15447,3 | Watts-hora/día |
| D8 | Factor del inversor (DC-AC) | 1,2 | |
| D9 | Potencia que podrá aprovechar la máquina | 12872,7273 | Watts-hora/día |
| D10 | Cantidad de horas diarias que podrá estar en funcionamiento (D9/D5) | 3,9008 | horas |

Fuente: Manual para la instalación rural fotovoltaica.

La Potencia máxima que puede proporcionar el sistema en corriente directa es de 15447,3 w por hora en un día, la cual tiene que ser transformada a potencia en corriente alterna por medio de un Inversor que, debido a todos los elementos del mismo que intervienen en la transformación de la corriente, va a consumir parte de la potencia generada por el sistema fotovoltaico que se estima en un 20% de la potencia en corriente directa. Esto significa que la potencia real que podrá aprovechar la máquina diariamente, será de 12872,7273 Watts –hora/ día. Lo que significa que el tiempo que podrá funcionar la máquina será de 3,9 horas.

Con el dato de la cantidad de horas que podrá estar la máquina en funcionamiento diariamente, se procede a calcular la cantidad de hielo que esta producirá.

La cantidad de hielo que la máquina produce en una hora es de 16,904 Kg., esto quiere decir que en 3,9 horas la máquina habrá producido 65.94 Kg. y al cabo de 7 días (1 semana) esta producirá 461,58 Kg de hielo que

representa un 55,43% de la capacidad total del depósito y tan sólo un 10,83% de la cantidad de hielo esperada para cubrir la demanda. (Ver tabla 4.14).

Tabla 4.14 Cantidad de hielo producido en las condiciones más críticas

| E. PRODUCCIÓN DE HIELO | | | |
|-------------------------------|--|---------|-------------|
| E1 | Cantidad de hielo Producida por hora | 16,904 | Kg - hora |
| E2 | Cantidad de hielo Producida por semana (D10xE1x7) | 461,577 | Kg - Día |
| E3 | Cantidad de hielo que se puede almacenar (Pág.) | 832,7 | Kg |
| E4 | Porcentaje del depósito que se podrá llenar semanalmente((E2/E3)x100%) | 55,43% | |
| E5 | Cantidad de hielo requerida semanalmente | 4263,76 | Kg - semana |
| E6 | Porcentaje de la demanda que se podrá satisfacer ((E2/E5)x100%) | 10,83% | |

Fuente: Medidas realizadas a la máquina

Cuando se hace un diseño de un sistema fotovoltaico el objetivo principal del diseñador es lograr que este satisfaga la demanda de energía, aún en las condiciones más críticas. En este caso el sistema ya ha sido diseñado e instalado con pobres resultados, y el objetivo de este rediseño es mostrar cual es la producción que puede llegar a tener la máquina funcionando en las condiciones más críticas.

Se dice que la máquina funciona en las condiciones más críticas debido a que se está asumiendo un 80% de eficiencia del inversor, cuando esta puede llegar a ser hasta de un 95% (ver anexo No. 9) y en tan sólo 4 horas sol que es la cantidad mínima del rango.

La cantidad de hielo producida es muy baja y no alcanza a satisfacer ni la tercera parte de la demanda, sin embargo se debe tomar en cuenta que esta cantidad producida de hielo puede aumentar conforme aumente la cantidad de horas sol durante los meses del año, de la siguiente forma:

Tabla 4.15 Cantidad de hielo producido mensualmente

HIELO PRODUCIDO MENSUALMENTE

| MESES | ENE. | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|----------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| horas-sol | 7,5 | 8 | 8,5 | 7,5 | 5,5 | 4,3 | 4,2 | 4,8 | 4,7 | 4,5 | 4,4 | 4 |
| horas de func. diario | 7,31 | 7,80 | 8,29 | 7,31 | 5,36 | 4,19 | 4,10 | 4,68 | 4,58 | 4,39 | 4,29 | 3,90 |
| hielo producido (Kgs./sem) | 865,5 | 923,2 | 980,9 | 865,5 | 634,7 | 496,2 | 484,7 | 553,9 | 542,4 | 519,3 | 507,7 | 461,6 |
| % ocupado del depósito | 103,9 % | 110,9% | 117,8% | 103,9% | 76,2% | 59,6% | 58,2% | 66,5% | 65,1% | 62,4% | 61,0% | 55,4% |
| % de la demanda satisfecha | 20,3% | 21,7% | 23,0% | 20,3% | 14,9% | 11,6% | 11,4% | 13,0% | 12,7% | 12,2% | 11,9% | 10,8% |

Fuente: Hoja de cálculo "Producción anual".

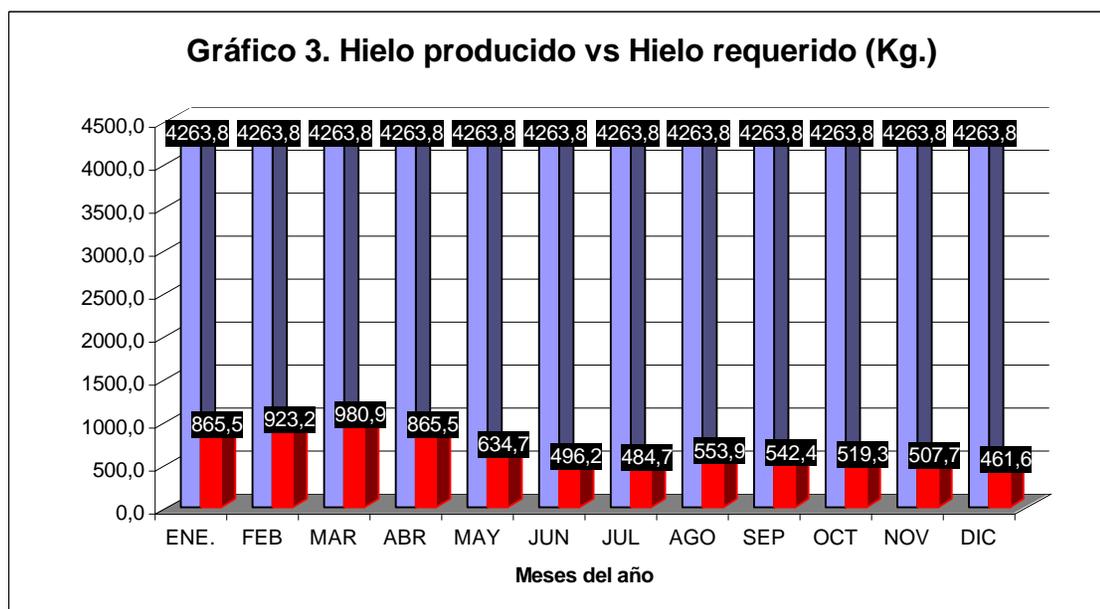


Figura 4.17: Gráfico de comparación de la cantidad de hielo producido contra la cantidad de hielo requerida semanalmente con una variación mensual.

Como se puede apreciar en la tabla y el gráfico anteriores, la mayor producción de hielo se va a dar para los meses de verano siempre y cuando se cuente con la cantidad de agua requerida para producirlo la cual es más difícil de conseguir durante la estación seca.

La demanda de hielo es muy alta para la cantidad de hielo que puede producir la máquina razón por la cual se necesita cambiar el diseño de la

fuente Fotovoltaica para que la máquina pueda trabajar una mayor cantidad de horas y así producir el hielo necesario para satisfacer la demanda.

De acuerdo con las condiciones actuales, **no** es recomendable instalar esta máquina en la isla ya que su producción es muy baja y sólo podría satisfacer las necesidades de un pequeño grupo de la población de la isla.

4.7 Sugerencia de nuevo diseño de la instalación fotovoltaica para aumentar la producción de la máquina de hielo.

Para poder satisfacer la demanda de hielo semanal, la máquina tendría que producir 609,109 Kg. de hielo al día. La cantidad de hielo que esta máquina puede producir en veinticuatro horas es de 405,7 Kg. lo que significa que la máquina no podría satisfacer las necesidades de hielo de la isla ni aunque estuviera conectada a la red. Sin embargo, si se hace un nuevo diseño para que esta funcione 24 horas podría satisfacer el 66% de la demanda de hielo de la isla.

A continuación se aporta el cálculo para el rediseño del sistema fotovoltaico que alimentará la máquina de hacer hielo.

Tabla 4.16 Cantidad de hielo máxima que se podrá producir.

| | |
|--------------|--|
| Proyecto: | Instalación Fotovoltaica de máquina para hacer hielo. |
| Lugar: | Isla Caballo, Golfo de Nicoya, Costa Rica. |
| Descripción: | Proveer la potencia suficiente para que la máquina para que produzca hielo 24 horas al día |

Carga alimentada por corriente Alterna

E. PRODUCCIÓN DE HIELO REQUERIDA

| | | | |
|----|--|----------|-------------|
| E1 | Cantidad de hielo Producida por hora | 16,904 | Kg - hora |
| E3 | Cantidad de hielo Requerida por semana | 2839,872 | Kg - semana |
| E4 | Cantidad de hielo Requerida por día (E3/7) | 405,696 | Kg - semana |
| E5 | Cantidad de hielo que se puede almacenar. | 832,7 | Kg |
| E5 | Porcentaje del depósito que se podrá llenar diariamente ((E2/E3)x100%) | 48,72% | |

Fuente: Medidas de producción realizadas a la máquina

Tabla 4.17 Cálculo de potencia máxima consumida por la máquina.

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|------------------------|---|---------|-------------|------------------------------|------------------|
| ARTICULO | CANTIDAD | CARGA | UTILIZACION | CARGA | PICO DE POTENCIA |
| AC | | (Watts) | Horas/día | (Watts-hora/día) A2xA3xA4 | (Watts) |
| Máquina de hacer hielo | 1 | 3300 | 24 | 79200 | 16500 |
| A7 | Total de carga diaria (Suma A5) | | 79200 | Watts-hora/día | |
| A8 | Factor del inversor(DC-AC) | | 1,2 | Pérdidas | |
| A9 | Carga equivalente en corriente directa (A7 x A8) | | 95040 | Watts-hora/día | |
| A10 | Maximo de carga continua AC Suma(A2 x A3) | | 3300 | Watts | |
| A11 | Máxima surge AC Carga (Suma A6 + A10) -Carga continua de 3300 w | | 16500 | Watts | |

Fuente: Medidas de producción realizadas a la máquina

Tabla 4.18 Cálculo de corriente pico del banco de paneles solares.

| B. CORRIENTE PICO DE PANELES SOLARES | | | |
|---|---|-------|----------------|
| B1 | Carga diaria DC (de la carga AC)(A9) | 95040 | Watts-hora/día |
| B2 | Voltaje del sistema | 24 | Voltios |
| B3 | Corriente requerida diaria (B1/B2) | 3960 | Amperios-hora |
| B4 | Factor de seguridad(pérdidas del sistema) | 1,1 | |
| B5 | Corriente requerida corregida diaria (B3 / B4) | 4356 | Amperios-hora |
| B6 | Insolación diaria | 4 | horas-sol |
| B7 | Corriente pico del sistema fotovoltaico (B5 / B6) | 1089 | Amperios |

Fuente: Características propias del panel solar utilizado (ver anexo No. 6)

Tabla 4.19 Cálculo de la cantidad de paneles solares requerida.

| C. CANTIDAD DE PANELES NECESARIOS | | | |
|--|---|------------|----------------|
| C1 | Corriente pico del sistema fotovoltaico (B7) | 1089 | Amperios |
| C2 | Corriente Pico por panel Solar (información de catálogo) | 5,9 | Amperios |
| C3 | Cantidad de Paneles en paralelo(C1/C2) | 184,5763 | Paneles |
| C4 | Cantidad de Paneles en paralelo(C3 Redondeada) | 185 | Paneles |
| C5 | Voltaje del sistema (B2) | 24 | Voltios |
| C6 | Voltaje nominal por panel solar (información de catálogo) | 12 | voltios |
| C7 | Número de Paneles en serie (C5/C6) | 2 | Paneles |
| C8 | Total de Paneles solares | 369 | Paneles |

Fuente: Características propias del panel solar utilizado (ver anexo No. 6)

Tabla 4.20 Cálculo del nuevo banco de baterías requerido.

| D. BANCO DE BATERIAS | | | |
|-----------------------------|--|-----------|-----------------|
| D1 | CD Carga total diaria(B5) | 4356 | Amperios |
| D2 | Dias de Autonomía | 1 | Días |
| D3 | Banco de baterías-Capacidad Nominal (D1xD2) | 4356 | |
| D4 | Profundidad de descarga | 0,6 | Menor que 1 |
| D5 | Capacidad de Bancos Requerida (D3/D4) | 7260 | |
| D6 | Capacidad nominal de batería (Información de catálogo) | 1081 | Amperios-hora |
| D7 | Baterias conectadas en paralelo (D5/D6) | 6,716004 | Baterías |
| D8 | Baterias conectadas en paralelo (D7 redondeado) | 7 | Baterías |
| D9 | Voltaje del sistema (B2) | 24 | Voltios |
| D10 | Voltaje nominal por batería (información catalogo) | 2 | Voltios |
| D11 | Número de baterías en serie (D9/D10) | 12 | Baterías |
| D12 | Cantidad de baterías en total (D8xD11) | 81 | Baterías |

Fuente: Características propias las baterías utilizadas actualmente (ver anexo No. 7)

En este caso se optó por dar sólo un día de autonomía con el fin de minimizar las dimensiones del banco de baterías y minimizar el costo del proyecto.

Tabla 4.21 Características que debe tener el inversor a utilizar.

| E. TAMAÑO DEL INVERSOR | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|
| E1 | Carga máxima continua (A10) | 3300 | Watts |
| E2 | Máxima sobrepotencia AC (A11) | 16500 | Watts |
| E3 | Máxima capacidad de inversor (información de catálogo) (mayor que E1) | 4800 | Watts |
| E4 | Máxima sobrepotencia de inversor (información de catálogo) (mayor que E1) | 27600 | Watts |

Fuente: Características propias de los inversores utilizados actualmente (ver anexo No. 8)

Tabla 4.22 Sumario de partes que debe tener el nuevo sistema fotovoltaico.

| COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO | | | | |
|---|----------|------------------|----------------------|------------|
| EQUIPO | CANTIDAD | MARCA | MODELO | CAPACIDAD |
| Paneles | 370 | SIEMENS | SR100 | 100 WATTS |
| Regulador de carga | 1 | SES | PMC-9700M-24/240/160 | 24/240 V |
| Baterías | 84 | TUDOR | 16 EAN 120 | 1085 A/hr |
| Inversor | 2 | TraceENGINEERING | DR2412 | 2400 WATTS |

Fuente: Hoja electrónica Calculo SFV.

De acuerdo con los cálculos mostrados anteriormente, se necesitarían 310 Paneles más de los que hay instalados a un costo de 452.3 dólares (167786,92 colones) por unidad, más 48 baterías extra que se deberían comprar para darle autonomía al sistema .Por tan sólo un día a un costo de 232,6 dólares (86180,11 colones) por batería se necesitarían más de 56 millones de colones en equipo para poder satisfacer tan sólo el 66 % de la demanda de hielo de la isla.

4.8 Análisis energético.

La cantidad de energía que se le debe extraer a un litro de agua para enfriarlo desde una temperatura de 25°C, congelarlo y luego llevarlo hasta una temperatura de -5°C es de 411 585.8J. Si la máquina es capaz de producir

16,904 Kg. de hielo en una hora, significa que extrae 6 957 446J de calor del agua en una hora.

Si esta misma máquina representa una carga continua de 3300 w, es decir 3300 J/s, significa que en una hora la máquina consumirá 11 880 000 J. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que además del motor que mueve al compresor, esta posee otros dos motores que son el motor del reductor con una carga de 374 w es decir 1 346 400 J en una hora y el motor del ventilador con una potencia de 264 w, o sea 950 400 J en una hora, lo que significa que de los 11 880 000 J consumidos por la máquina sólo 9 583 200 J son consumidos por el compresor, lo que significa 2 625 753,88 J. De acuerdo con lo anterior, el 27,4% de la energía consumida en una hora se pierde en el sistema y le da una eficiencia global a la máquina de un 72,6 %. Esta es aceptable si se considera que el promedio de eficiencia de estos equipos ronda el 70% y que dependen de la transferencia de calor en los materiales utilizados.

De esta forma, si en la isla se requieren 4263,8 Kg. de hielo semanalmente, la máquina tendría que producir 25,38 Kg. de hielo en una hora por lo que debería de extraer 10 445 949 J al agua. Esto que significa que, además de tener que funcionar 24 horas sin paradas ni para dar mantenimiento a la misma, necesita una eficiencia de 88%. Como se ha demostrado, esta eficiencia en la máquina sería algo poco razonable de realizar ya que produciría pérdidas en los motores tales como resistencias en el estator, o aumento de temperatura. Debido a la fricción en los rodamientos, el promedio de eficiencia máxima de los motores de corriente alterna de los motores de corriente alterna a plena carga, no superaría el 85%.

4.9 Conclusiones del proyecto de diseño de ingeniería

- Con la implementación del nuevo aislante se puede conservar el hielo producido en el depósito por 48 horas como mínimo.
- Con la instalación fotovoltaica actual no es posible alcanzar la producción de hielo requerida en la isla, semanalmente.
- Si se quiere hacer que la máquina funcione las veinticuatro horas del día, la cantidad de dinero que se debe invertir en el proyecto, lo hace poco rentable.

4.10 Recomendaciones del proyecto de diseño de ingeniería

- La población de la isla Caballo sigue en crecimiento, y se tiene registro de ocho solicitudes de sistemas fotovoltaicos nuevos. Esto es un indicador del aumento en la cantidad de familias y por ende la cantidad de hielo requerida. Como se ha demostrado, la demanda de hielo no se va a satisfacer ni logrando que la máquina funcione 24 horas al día con una eficiencia superior al 88 %. Por estas razones, **NO** es recomendable instalar esta máquina productora de hielo en la Isla caballo.
- Se recomienda tanto a los encargados del proyecto fotovoltaico, como a toda persona que tenga acceso a este documento, tener especial cuidado con los equipos provenientes de donaciones, ya que en muchos casos tales como el presentado en este proyecto, no representan una solución a una necesidad sino más bien se convierten en otro problema más para la comunidad.
- En cuanto al sistema fotovoltaico que se tiene destinado para la máquina productora de hielo se dan varias opciones para su nueva utilización. La primera de ellas es utilizar los paneles solares para satisfacer la demanda de las nuevas instalaciones que se vayan realizando en la isla. Sin embargo, esta no es la solución más recomendable debido a que se desaprovecharía el banco de baterías ya que estas no son para instalaciones residenciales. Es más recomendable mantener este sistema para que pueda proporcionar la energía necesaria requerida por el Ebais que se está construyendo en la isla. Es una oportunidad que puede permitir hasta tener un refrigerador para conservar las medicinas o bien proporcionar la energía necesaria requerida por los equipos que utilizan los odontólogos o médicos en sus visitas periódicas a la isla.

- En cuanto a satisfacer la demanda de hielo de la isla se deben tomar en cuenta otros problemas de índole social que atañen a los pobladores de la isla tales como el que la isla ya fue dada en concesión a una empresa norteamericana para que esta la explote en forma turística . Los pobladores ya vendieron su derecho como tal a la isla y actualmente se encuentran morando en calidad de precaristas a la orilla de la playa donde aún es terreno patrimonial. Esta razón vuelve aún menos rentable el proyecto. Lo que se sugiere es establecer una cantidad de hielo requerida por familia fundamentándose en la cantidad de pescado que estos sacan del mar y subsidiar parte del costo de la cantidad de hielo requerida actualmente.
- En cuanto a la máquina de hielo se recomienda que esta sea devuelta a los pobladores de la isla ya que a ellos fue a quien se les donó y que el proyecto desarrollado en este documento sirva para explicarles de la forma más clara posible la razón por la cual no es conveniente su instalación y cuales son los usos posibles que se le pueden dar al sistema fotovoltaico.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

6.1 Referencias Bibliográficas

- Rodríguez, H. Training Manual in Photovoltaic Systems for Rural Electrification, Suresh Hurry. Bogotá: PNUD: OLADE: JUNAC, 1995.
- Schneider, B. Manual de Access para Windows Paso a Paso. Editorial Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. El conde 53500 Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Valverde, J. Manual del curso Diseño de Bases de datos para mantenimiento. Carrera de ingeniería en mantenimiento industrial, Instituto tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2000.
- Viquez, S. Trabajo Comunal universitario, Baterías para Paneles Solares. Escuela de Ingeniería Eléctrica Universidad de Costa Rica. San José, Setiembre, 2002.

6.2 Bibliografía consultada

“Estudio climatológico de la radiación solar en Costa Rica Castro, V (1986. p. 130)”, Irradiación solar en el pacífico costarricense.

“Termodinámica Cengel, Y” (p. A-10. 1996.)”., Tabla A-4, Propiedades del agua saturada.

“Máquinas eléctricas Chapman, S (p. 439, 1987)”, Eficiencia de máquinas eléctricas.

“Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas (p. 33, 1999.)”, Variación de la entalpía o contenido de calor específico del agua.

“Principios y Sistemas de Refrigeración (p. 390, 1991.)”, Motores monofásicos para sistemas de refrigeración.

“Training Manual in Photovoltaic Systems for Rural Electrification (p. 110, 1995) Ejemplo de diseño de un sistema fotovoltaico.

“Incropera F. Fundamentos de transferencia de calor (p. 912, 1999)”
Transferencia de calor por conductividad.

6.3 Referencias de Internet

www.solener.com

www.imn.ac.cr

sky.net.co/energía (Energía solar Colombia)

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1 Anexo 1: Hoja de Información

7.1.1 Información del estudiante:

Nombre: Sebastián Fernández Vargas.

Cédula o No. Pasaporte: 2-539-624

Carné ITCR: 9716893

Dirección de su residencia en época lectiva: 100 metros Norte de la Farmacia Rodríguez, Carretera a Paraíso, Cartago.

Dirección de su residencia en época no lectiva: 500 metros oeste del cruce de Palmares, Alajuela.

Teléfono en época lectiva: 591-46-74

Teléfono época no lectiva: 453-34-31

Email: sebastianfv@latinmail.com

7.1.2 Información del Proyecto:

Proyecto Administrativo: “Sistema de control logístico para el desarrollo y mantenimiento del proyecto de electrificación rural por medio de sistemas fotovoltaico.

Proyecto de diseño de ingeniería: Evaluación técnica de proyecto para la instalación de máquina productora de hielo en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya.

Profesor Asesor: Henry Venegas.

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes de 7:24 a.m. a 5:00 p.m.

7.1.3 Información de la Empresa:

Nombre: Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Área de Conservación de energía.

Zona: central

Dirección: Cantón Central, San José, Sabana Norte, Edificio central.

Teléfono: 220-69-65

Fax: 220-63-49

Apartado: 10032-1000 San José, Costa Rica.

Actividad Principal: Suministrar electricidad, proporcionar alternativas de electrificación y ahorro energético.

7.2 Anexo 2: CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Sebastián Fernández Vargas carné 9716893, autorizo a la Biblioteca José Figueres del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título “Sistema de control logístico para el desarrollo y mantenimiento del programa de electrificación rural del Instituto Costarricense de Electricidad” y “Evaluación técnica de proyecto para la instalación de máquina productora de hielo en la Isla Caballo, Golfo de Nicoya”. para ser ubicado en la Biblioteca Digital y ser accedido a través de la red Internet.

Firma de estudiante

Cédula: _____

7.3 Anexo 3: Hojas Climatológicas

| PAVAS | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------|---------|-------|----------------|-------|-------|-----------------|--------|---------|-----------------|---------|---------|--------|
| INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL GESTION DE INFORMACION Y COMERCIALIZACION PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACION | PAVAS - Aer.T.Bolaños | No. 84074 | | | Lat. 09° 58' N | | | Long. 84° 08' O | | | Altud. 998 Mts. | | | |
| Elementos | Periodos | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiem. | Octubr. | Noviem. | Diciem. | Anual |
| LLUVIA | 1975-2001 | 12.1 | 12.2 | 17.7 | 63.4 | 230.4 | 240.1 | 157.7 | 216.7 | 291.3 | 284.7 | 122.9 | 22.5 | 1671.7 |
| TEM.MAX. | 1975-2001 | 25.9 | 26.7 | 27.8 | 28.3 | 27.7 | 27.1 | 26.7 | 26.9 | 26.8 | 26.5 | 26.1 | 25.9 | 26.9 |
| TEM.MIN. | 1975-2000 | 17.7 | 17.9 | 18.0 | 18.7 | 19.1 | 18.8 | 18.9 | 18.7 | 18.2 | 18.2 | 18.4 | 18.2 | 18.4 |
| TEM.MED. | 1975-2001 | 21.8 | 22.3 | 22.9 | 23.5 | 23.4 | 23.0 | 22.8 | 22.8 | 22.5 | 22.4 | 22.3 | 22.1 | 22.6 |
| B.SOLAR | 1975-2001 | 8.1 | 8.2 | 8.1 | 7.0 | 5.0 | 3.8 | 4.0 | 4.2 | 4.0 | 4.3 | 4.7 | 6.4 | 5.7 |
| HUMEDAD REL. | 1975-2001 | 71 | 71 | 70 | 71 | 78 | 81 | 78 | 79 | 83 | 82 | 78 | 73 | 76 |
| PRESION | 1975-2000 | 901.1 | 900.6 | 900.7 | 900.4 | 900.7 | 900.8 | 901.0 | 901.1 | 900.6 | 900.6 | 900.6 | 900.8 | 900.3 |

Lluvia en Milímetros - 1Mm. = 1 Litro por M².
 Presión Barométrica en HectoPascales
 Elaboró: Erak

Temperaturas en Grados Celsius
 Humedad Relativa en %

Brillo Solar en Horas y Décimas de Hora

Figura 7.1 Promedios mensuales de datos climatológicos para PAVAS.

| PAQUERA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|---------|-------|----------------|-------|-------|-----------------|--------|---------|-----------------|---------|---------|--------|
| INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL GESTION DE INFORMACION Y COMERCIALIZACION PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACION | PAQUERA | No. 72111 | | | Lat. 09° 49' N | | | Long. 84° 58' O | | | Elev. 15 Metros | | | |
| Elemento | Periodos | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiem. | Octubr. | Noviem. | Diciem. | Anual |
| LLUVIA | 1974-2001 | 6.8 | 2.8 | 5.7 | 42.3 | 258.1 | 241.9 | 223.8 | 261.8 | 303.9 | 391.4 | 192.9 | 32.4 | 2013.7 |
| TEMP.MAXIMA | 1983-99 | 33.3 | 34.5 | 35.3 | 35.1 | 32.8 | 31.7 | 31.7 | 31.6 | 30.8 | 30.7 | 31.1 | 32.2 | 32.6 |
| TEMP.MINIMA | 1983-99 | 19.5 | 19.8 | 20.6 | 21.9 | 23.2 | 23.0 | 22.5 | 22.4 | 22.5 | 22.5 | 21.8 | 20.7 | 21.7 |
| TEMP.MEDIA | 1993-99 | 26.4 | 27.1 | 28.0 | 28.5 | 28.0 | 27.4 | 27.1 | 27.0 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 27.1 |
| HUMEDAD | 1996-99 | 75 | 72 | 67 | 70 | 77 | 82 | 82 | 82 | 87 | 87 | 86 | 86 | 79 |

Lluvia en Milímetros - 1Mm. = 1 Litro por M².
 Elaboró: Erak

Temperaturas en Grados Celsius (centígrados)
 Humedad Relativa en %

Promedios hasta el 2000

Figura 7.2 Promedios mensuales de datos climatológicos para PAQUERA.

7.4 Anexo 4: Fotos del lugar de Instalación



Figura 7.3 Golfo de Nicoya



Figura 7.4 Playa de Isla Caballo



Figura 7.5 Banco de Paneles solares



Figura 7.6 Paneles para máquina productora de hielo



Figura 7.7 Estado de instalación eléctrica1



Figura 7.8 Estado de instalación eléctrica2



Figura 7.9 Bodega de máquina de hielo



Figura 7.10 Lugar destinado para la máquina

7.5 Anexo 5: Cotización del aislante a utilizar

PRODEX

PRODEX COMERCIAL S.A.

COTIZACION

FECHA: Octubre 22, 2002
CONTACTO: Ing. Sebastián Fernández Tel: 220-8085
EMPRESA: ICE Fax: 220-6348
PROYECTO: Depósito de Hielo
PRODUCTO: Aislante Térmico AD5, AD10

| CANTIDAD M ³ | DESCRIPCION | PRECIO US\$ | TOTAL US\$ |
|----------------------------|---|----------------|-------------------|
| 24.4 | AD-5 5mm x 1.22 mt x 20 mts. Espuma de polietileno con aluminio puro en ambas caras. Barrera de Flama, Clase A | \$ 2.60 | \$ 63.44 +I.V. |
| 24.4 | AD-10 10mm x 1.22 mt x 20 mt ** Espuma de polietileno con aluminio puro en ambas caras. Barrera de Flama, Clase A | \$ 3.25 | \$ 79.30 +I.V. |

*Este precio NO INCLUYE IMPUESTO DE VENTAS Y COSTO DE INSTALACION
 sin embargo le brindamos la asesoría e inspección de instalación.
 * Precio, válido por tiempo limitado.
 * Cualquier ajuste en la cantidad del material cotizado corre por cuenta del cliente.
 * Producto con Grada.

Condiciones:
 * Forma de pago: Contra-entrega o Crédito Aprobado
 * Tiempo de Entrega: 15 después de recibir la orden Compra, la cual debe
 emitirse a nombre de PRODEX COMERCIAL S.A.
 (PRODUCTO DE STOCK SE DESPACHA 2 DIAS DESPUES DE RECIBIR
 LA ORDEN DE COMPRA.
 * Lugar de Entrega: En nuestra Empresa o en el Area Metropolitana.

Espero cumplir sus expectativas, con nuestra oferta.

Atentamente,

Cinthya Arce B.
 Coordinadora Servicio al Cliente
 cinthya.arce@prodex.co.cr

Ventas: Tel: 438-2322 Fax: 438-2341 E-mail: info@prodex.co.cr * www.prodex.co.cr

Figura 7.11 Cotización para el aislante que llevará el depósito

7.7 Anexo 7: Características del tipo de batería a utilizar

Características eléctricas 25°C (Densidad 1,24 gr/cc)
Electrical characteristics 25°C (1,24 gr/cc Density)

| TPO TYPE | DESCARGA (A) EN 10 H. HASTA (V) AMPE DISCHARGE (A) IN 10 (V) | | | | DESCARGA (A) EN 5 H. HASTA (V) AMPE DISCHARGE (A) IN 5 (V) | | | | DESCARGA (A) EN 3 H. HASTA (V) AMPE DISCHARGE (A) IN 3 (V) | | | | DESCARGA (A) EN 2 H. HASTA (V) AMPE DISCHARGE (A) IN 2 (V) | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|------|------|-----|------|------|------|------|
| | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | | | | |
| | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | | | | |
| EAN 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 EAN 50 | 12 | 11 | 10 | 9 | 20 | 20 | 19 | 17 | 31 | 30 | 29 | 28 | 43 | 41 | 40 | 37 | 70 | 67 | 62 | 49 |
| 63 EAN 50 | 17 | 16 | 15 | 13 | 31 | 30 | 29 | 26 | 46 | 44 | 43 | 41 | 64 | 62 | 59 | 55 | 106 | 101 | 93 | 70 |
| 64 EAN 50 | 23 | 22 | 20 | 18 | 41 | 40 | 38 | 35 | 61 | 59 | 57 | 55 | 85 | 82 | 79 | 74 | 140 | 134 | 125 | 92 |
| 65 EAN 50 | 29 | 27 | 25 | 22 | 51 | 50 | 48 | 43 | 77 | 74 | 72 | 69 | 107 | 103 | 99 | 92 | 175 | 166 | 156 | 112 |
| 66 EAN 50 | 35 | 33 | 30 | 27 | 62 | 60 | 57 | 52 | 92 | 89 | 87 | 84 | 128 | 124 | 119 | 110 | 210 | 201 | 187 | 135 |
| EAN 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 EAN 55 | 26 | 25 | 24 | 23 | 46 | 44 | 42 | 39 | 67 | 64 | 62 | 59 | 90 | 86 | 83 | 79 | 152 | 145 | 134 | 121 |
| 5 EAN 55 | 33 | 32 | 30 | 28 | 57 | 55 | 53 | 49 | 83 | 80 | 78 | 74 | 113 | 108 | 105 | 97 | 190 | 182 | 168 | 151 |
| 6 EAN 55 | 40 | 38 | 36 | 31 | 68 | 66 | 63 | 59 | 100 | 96 | 91 | 83 | 135 | 127 | 122 | 112 | 228 | 218 | 201 | 182 |
| EAN 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 EAN 70 | 42 | 41 | 39 | 37 | 73 | 72 | 69 | 64 | 104 | 102 | 97 | 88 | 140 | 137 | 132 | 123 | 233 | 225 | 209 | 192 |
| 6 EAN 70 | 51 | 50 | 48 | 43 | 89 | 86 | 83 | 77 | 125 | 122 | 116 | 106 | 168 | 165 | 158 | 148 | 280 | 269 | 244 | 216 |
| 7 EAN 70 | 59 | 58 | 54 | 47 | 102 | 100 | 96 | 89 | 146 | 142 | 135 | 123 | 190 | 182 | 175 | 162 | 327 | 309 | 284 | 255 |
| 8 EAN 70 | 63 | 61 | 57 | 49 | 109 | 107 | 100 | 90 | 163 | 158 | 149 | 134 | 224 | 219 | 208 | 192 | 362 | 338 | 310 | 282 |
| EAN 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 EAN 100 | 71 | 69 | 63 | 55 | 126 | 125 | 118 | 108 | 186 | 182 | 172 | 158 | 256 | 245 | 231 | 210 | 366 | 342 | 310 | 285 |
| 7 EAN 100 | 84 | 81 | 75 | 66 | 146 | 142 | 135 | 123 | 208 | 197 | 187 | 172 | 279 | 271 | 251 | 229 | 424 | 391 | 358 | 316 |
| 8 EAN 100 | 95 | 91 | 84 | 74 | 171 | 165 | 158 | 144 | 247 | 233 | 222 | 199 | 342 | 327 | 308 | 280 | 514 | 483 | 438 | 390 |
| 9 EAN 100 | 109 | 104 | 97 | 85 | 197 | 192 | 173 | 158 | 298 | 281 | 268 | 240 | 415 | 399 | 378 | 348 | 602 | 562 | 507 | 456 |
| 10 EAN 100 | 118 | 114 | 106 | 92 | 213 | 208 | 197 | 179 | 309 | 278 | 278 | 249 | 427 | 409 | 384 | 367 | 643 | 604 | 549 | 475 |
| 12 EAN 100 | 142 | 136 | 128 | 111 | 258 | 250 | 242 | 210 | 371 | 334 | 333 | 298 | 513 | 493 | 462 | 442 | 771 | 725 | 668 | 571 |
| 14 EAN 100 | 165 | 159 | 147 | 129 | 288 | 279 | 265 | 249 | 415 | 373 | 372 | 333 | 570 | 548 | 513 | 473 | 867 | 824 | 767 | 673 |
| 16 EAN 100 | 189 | 181 | 168 | 148 | 330 | 321 | 308 | 275 | 470 | 430 | 429 | 384 | 664 | 633 | 595 | 557 | 1064 | 1024 | 959 | 821 |
| 20 EAN 100 | 228 | 226 | 209 | 185 | 412 | 402 | 383 | 344 | 597 | 538 | 536 | 483 | 830 | 779 | 731 | 672 | 1250 | 1183 | 1089 | 896 |
| EAN 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 EAN 120 | 74 | 71 | 66 | 56 | 134 | 129 | 120 | 111 | 196 | 188 | 175 | 155 | 273 | 262 | 246 | 229 | 424 | 394 | 358 | 314 |
| 7 EAN 120 | 87 | 84 | 78 | 68 | 154 | 148 | 132 | 120 | 216 | 209 | 196 | 173 | 303 | 291 | 275 | 251 | 485 | 451 | 408 | 359 |
| 8 EAN 120 | 98 | 95 | 88 | 74 | 179 | 171 | 163 | 147 | 262 | 251 | 235 | 206 | 364 | 350 | 331 | 306 | 565 | 526 | 476 | 419 |
| 9 EAN 120 | 111 | 107 | 99 | 83 | 201 | 193 | 184 | 169 | 294 | 283 | 264 | 232 | 412 | 394 | 372 | 343 | 636 | 591 | 534 | 471 |
| 10 EAN 120 | 119 | 116 | 108 | 92 | 208 | 197 | 188 | 172 | 311 | 299 | 279 | 246 | 433 | 416 | 394 | 363 | 680 | 644 | 581 | 513 |
| 12 EAN 120 | 132 | 127 | 117 | 99 | 247 | 237 | 226 | 206 | 373 | 359 | 336 | 296 | 519 | 498 | 472 | 436 | 832 | 773 | 697 | 615 |
| 14 EAN 120 | 154 | 148 | 137 | 115 | 288 | 278 | 263 | 241 | 436 | 418 | 391 | 345 | 606 | 583 | 551 | 509 | 970 | 902 | 813 | 718 |
| 16 EAN 120 | 178 | 170 | 160 | 132 | 362 | 347 | 333 | 310 | 545 | 524 | 495 | 431 | 748 | 722 | 678 | 618 | 1081 | 1017 | 913 | 804 |
| 20 EAN 120 | 270 | 262 | 241 | 203 | 478 | 459 | 444 | 395 | 692 | 661 | 619 | 539 | 932 | 877 | 848 | 773 | 1352 | 1271 | 1217 | 1068 |
| 30 EAN 120 | 397 | 385 | 365 | 293 | 525 | 504 | 489 | 435 | 750 | 727 | 681 | 583 | 1025 | 965 | 933 | 851 | 1487 | 1396 | 1338 | 1175 |
| 24 EAN 120 | 304 | 311 | 289 | 243 | 573 | 550 | 533 | 474 | 918 | 793 | 743 | 647 | 1118 | 1052 | 1018 | 926 | 1622 | 1525 | 1480 | 1282 |

Figura 7.15 Características de la batería a utilizar

7.8 Anexo 8: Características del tipo de inversor a utilizar

| Technical Information | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|
| DR Series Specifications | | | | | |
| MODEL | DR1512 | DR2412 | DR3624 | DR4848 | DR6024 |
| Continuous Power @ 23°C | 1100 VA | 2400 VA | 3300 VA | 5400 VA | 8000 VA |
| Efficiency | 94% max | 91% max | 94% max | 95% max | 95% max |
| Input Current | | | | | |
| Search Mode | 0.003 amps | 0.005 amps | 0.008 amps | 0.008 amps | 0.008 amps |
| Full Voltage | 0.720 amps | 2.900 amps | 3.350 amps | 5.400 amps | 2.900 amps |
| Rated Power | 55 amps | 280 amps | 80 amps | 140 amps | 210 amps |
| Short Circuit | 400 amps | 800 amps | 280 amps | 380 amps | 700 amps |
| Nominal Input Voltage | 12 VDC | 12 VDC | 24 VDC | 24 VDC | 24 VDC |
| Input Voltage Range | 10.8-15.5 vdc | 10.8-15.5 vdc | 21.6-31 vdc | 21.6-31 vdc | 21.6-31 vdc |
| Auto-Lock Debtery Protection | 11v or detatched | 11v or detatched | 22v or detatched | 22v or detatched | 22v or detatched |
| Voltage Regulation-Maximum | | | | | |
| Voltage Regulation- Typical | | | ±0.7% | | |
| Minimum | | | ±2.2% | | |
| Power Factor/ Distors | | | 0.95 | | |
| Frequency Regulation | | | ±0.1% | | |
| "E" models | | | ±0.1% | | |
| "J" models | | | ±0.1% | | |
| "W" models | | | ±0.1% | | |
| Standard Output Voltage | | | | | |
| "E" models | | | 120 vac | | |
| "J" models | | | 230 vac | | |
| "L" models | | | 230 vac | | |
| "W" models | | | 100 vac | | |
| Adjustable Load Sensing | | | 5 to 100 Watts | | |
| Series Overload for 240 vac | | | yes | | |
| "E" models | | | no | | |
| Forced Air Cooling | | | | | |
| Automatic Thermal Relay | | | Variable Speed | | |
| "E" models | | | 20 amps | | |
| "W" models | | | 28 amps | | |
| | | | 28 amps | | |
| Adjustable Charge Rate | | | | | |
| amps | 0-30 amps | 0-100 amps | 0-35 amps | 0-70 amps | 0-30 |
| Number of Charging Phases | | | | | |
| Three Stage Charging | | | 10 | | |
| Temperature Comp. Probe | | | yes | | |
| Remote Control | | | Optional | | |
| | | | Optional | | |
| Environmental Characteristics | | | | | |
| Operating Ambient Temp | | | | | |
| Minimum Operating Temp | | | 0°C to +60°C | | |
| Maximum Operating Temp | | | -55°C to +125°C | | |
| Altitude Operating | | | | | |
| Altitude Non-operating | | | 55,000 feet | | |
| Lead Weight | | | | | |
| DR1512 | 300x (10kg) | 400x (21kg) | 350x (10kg) | 400x (18kg) | 400x |
| "E" models | 300x (10kg) | NA | 300x (10kg) | 400x (21kg) | NA |
| Dimensions | | | | | |
| Mounting | | | 8.3" x 7.25" x 21" (21.6cm x 18.4cm x 54.6cm) | | |
| | | | Wall with 10" mounting latches or shelf | | |

Figura 7.16 Características del inversor a utilizar

7.9 Anexo 9: Ficha de codificación de equipo fotovoltaico

LADO #1

| N.M. | MARCA | MODELO | CAP. |
|--------|------------------|-------------------|--------|
| I-1 | TraceENGINEERING | DR2412 | 2400 w |
| I-2 | TraceENGINEERING | TS512E | 400 w |
| I-3 | VECTOR | VEC050 | 1500 w |
| I-4 | VECTOR | VEC024 | 400 w |
| I-5 | PORTAWATTZ | PORTAWATTZ 300 | 300 w |
| I-6 | WHISTLER | PP140AC | 140 w |
| I-7 | CHEROKEE | PI - 150 | 150 w |
| I-8 | VECTOR | VEC023 | 175 w |
| I-9 | EXELTECH | XP250 | 250 w |
| I-10 | VANNER | VLT12 - 600 | 600 w |
| CC-1 | MORNINGSTAR SS | SS-10 | 10 A |
| CC-2 | BP SOLAR | GCR 3000 | 20 A |
| CC-3 | MORNINGSTAR SS | SS-6 | 6.5 A |
| CC-4 | GP | GPCC-12-20-2 | 15 A |
| CC-5 | CONDUMEX | CONTROL MED. | 20 A |
| CC-6 | SIEMENS | SR - 8 | 8 A |
| CC-7 | MORNINGSTAR | PROSTAR-30 | 30 A |
| CONV-1 | CONDUMEX | Convertidor CD/CD | 1.7 A |
| CONV-2 | GP | GPA - 12 - 03 | 3 A |
| BA-1 | PANEL TABLERO | CABLE BAJANTE | 3X8 |
| BA-2 | PANEL TABLERO | CABLE BAJANTE | 2X8 |
| RA | RAMAL-LUCES | CABLE PARIADO | #12 |
| CT | TABLERO-BARILLA | CABLE TIERRA | #10 |
| T | BARILLA | BARILLA TIERRA | |

LADO #2

| N.M. | MARCA | MODELO | CAP. |
|------|-----------------|---------------|----------|
| B-1 | TUDOR | HIGHPOWER H4 | 115 A/hr |
| B-2 | TROJAN | | 115A/hr |
| B-3 | PREVALIER | PV - 30H | 95 A/hr |
| B-4 | DUNCAN | SP - 160 - 12 | 120 A/hr |
| B-5 | PREVALIER (Gel) | PV - 4D | 165 A/hr |
| G | | GASAS BATERIA | |
| P-1 | SIEMENS | SR100 | 100W |
| P-2 | SIEMENS | SR75 | 75 W |
| P-3 | ASTROPOWER | AP - 1206 | 120 W |
| D-1 | SIEMENS | Unipolar | 6 A |
| D-2 | SIEMENS | Unipolar | 4 A |
| D-3 | SIEMENS | Unipolar | 40 A |
| D-4 | LG | Unipolar | 6 A |
| D-5 | LG | Unipolar | 4 A |
| D-6 | SIEMENS | Unipolar | 25 A |
| D-7 | SIEMENS | Unipolar | 32 A |
| L-1 | GP | DE TUBO | 13 W |
| L-2 | GP | DE SOCKET | 11 W |
| AP | | APAGADOR | |
| F-1 | | FUSIBLE | 10 A |
| F-2 | | FUSIBLE | 20 A |
| F-3 | | FUSIBLE | 30 A |
| PF | | PORTA FUSIBLE | |
| R | REPARACIÓN | MARCAR CON X | |

Figura 7.17 Ficha de codificación de equipo fotovoltaico

