

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPAMENTO DE LA FUNDACIÓN NUEVA VIDA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

MOROCHO QUISAGUANO JUAN ANDRÉS

juan.morocho@epn.edu.ec

DIRECTOR: M.Sc. PATRICIA ELIZABETH OTERO VALLADARES

patricia.otero@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Dr. FABIÁN ERNESTO PÉREZ YAULI

fabian.perez@epn.edu.ec

Quito, agosto 2019

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Andrés Morocho Quisaguano, bajo nuestra supervisión.

M.Sc. Patricia Elizabeth Otero Valladares
DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dr. Fabián Ernesto Pérez Yauli
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Juan Andrés Morocho Quisaguano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Juan Andrés Morocho Quisaguano

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| AVAL | I |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | II |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | III |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRACT | VII |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS | 2 |
| 1.2 ALCANCE | 3 |
| 1.3 MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 1.3.1 Conceptos básicos de instalaciones eléctricas..... | 4 |
| 1.3.2 Sistema de iluminación | 6 |
| 1.3.3 Transformadores de distribución..... | 19 |
| 1.3.4 Cables eléctricos..... | 23 |
| 1.3.5 Calidad de Energía Eléctrica | 24 |
| 1.3.6 Mantenimiento de una instalación eléctrica | 29 |
| 1.3.7 Importancia de realizar un diagnóstico y mantenimiento..... | 30 |
| 1.3.8 Eficiencia Energética..... | 30 |
| 1.3.9 Auditoría Energética..... | 32 |
| 1.3.10 Medidas de ahorro y eficiencia energética | 35 |
| 1.3.11 Oportunidades de ahorro energético en hoteles..... | 36 |
| 1.3.12 Energías renovables | 38 |
| 1.3.13 Equipo de medición..... | 42 |
| 2 DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPAMENTO DE LA FUNDACIÓN NUEVA VIDA | 45 |
| 2.1 Descripción del lugar..... | 45 |
| 2.1.1 Antecedentes | 45 |
| 2.1.2 Ubicación..... | 46 |
| 2.1.3 Infraestructura | 46 |
| 2.2 Levantamiento de carga del Campamento..... | 47 |
| 2.2.1 Clasificación de la carga instalada por grupos | 47 |
| 2.2.2 Potencia instalada por grupos..... | 48 |
| 2.3 Situación Actual | 50 |
| 2.3.1 El transformador | 50 |
| 2.3.2 Contadores de energía y Tablero Principal | 51 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 2.3.3 | CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LAS Edificaciones | 52 |
| 2.3.4 | Niveles de iluminación | 65 |
| 2.3.5 | Centros de carga..... | 67 |
| 2.3.6 | Conductores | 68 |
| 2.3.7 | Protecciones eléctricas (interruptores automáticos)..... | 70 |
| 2.3.8 | Parámetros de calidad de energía eléctrica..... | 71 |
| 2.4 | Evaluación del consumo energético..... | 72 |
| 2.4.1 | Número de visitantes | 72 |
| 2.4.2 | Facturación de energía eléctrica | 73 |
| 2.4.3 | Balances de energía..... | 77 |
| 2.4.4 | Incidencia del consumo..... | 78 |
| 2.5 | Identificación de las medidas de eficiencia energética aplicables..... | 79 |
| 2.5.1 | Sistema de iluminación | 79 |
| 2.5.2 | Calentamiento de agua sanitaria | 80 |
| 2.5.3 | Climatización de la piscina | 82 |
| 2.5.4 | Actividades de cocina y lavandería. | 84 |
| 2.5.5 | Motores eléctricos (Motobomba)..... | 85 |
| 3 | PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | 86 |
| 3.1 | El transformador..... | 86 |
| 3.2 | Corrección del factor de potencia..... | 86 |
| 3.3 | Centros de carga..... | 90 |
| 3.4 | Puesta a tierra..... | 91 |
| 3.5 | Conductores y protecciones..... | 92 |
| 3.6 | Sistema de iluminación | 94 |
| 3.6.1 | Rediseño en el sistema de iluminación | 94 |
| 3.6.2 | Medidas instrumentales y cambios tecnológicos en iluminación..... | 96 |
| 3.7 | Producción de agua caliente sanitaria..... | 98 |
| 3.8 | Actividades de cocina..... | 99 |
| 3.9 | Actividades de lavandería | 99 |
| 3.10 | Resumen de las medidas de eficiencia sugeridas | 99 |
| 3.11 | Resumen de las medidas de modernización sugeridas | 101 |
| 4 | ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO | 103 |
| 4.1 | Inversión requerida..... | 103 |
| 4.2 | VAN - Valor Actual Neto..... | 104 |
| 4.3 | TIR - Tasa interna de retorno | 105 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.4 | Cálculo de los indicadores VAN y TIR para el proyecto del Campamento Nueva Vida | 106 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 108 |
| 5.1 | Sistema de iluminación | 108 |
| 5.2 | Producción de Agua Caliente Sanitaria..... | 109 |
| 5.3 | Climatización de la piscina | 110 |
| 5.4 | Actividades de cocina y lavandería | 110 |
| 5.5 | Prioridad de las medidas sugeridas | 111 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 112 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 112 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES | 115 |
| 7 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 116 |
| 8 | ANEXOS..... | 119 |

RESUMEN

En el presente estudio técnico se detalla información relacionada con el estado actual de las instalaciones eléctricas del Campamento Nueva Vida, obtenida gracias a la aplicación de: pruebas eléctricas de rutina, mediciones de calidad de energía, pruebas al transformador, pruebas termográficas y visitas al lugar, las cuales permitieron identificar los posibles riesgos eléctricos y consumos excesivos de energía eléctrica.

A partir de esta información, se determina la necesidad de cambio inmediato de ciertos elementos del sistema eléctrico y se evalúa el consumo energético que se produce en este tipo de instalaciones dedicadas al hospedaje y turismo, para establecer alternativas de eficiencia energética en los sistemas de iluminación, producción de agua caliente sanitaria y en actividades de lavandería y cocina.

En base a la inversión requerida y adaptabilidad de las instalaciones, se establecen las medidas de eficiencia energética aplicables al Campamento, y se realiza una evaluación técnica económica a través de una comparación del consumo energético actual y el que se presentaría, una vez implementadas las medidas de eficiencia. Con estos resultados se analizan los ahorros producidos y el impacto económico que representan, para hacer viable el proyecto de modernización.

PALABRAS CLAVE: Auditoría Energética, Medidas de eficiencia energética, Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), Tecnología LED, Inclusión de energías renovables, Importancia de un diagnóstico y mantenimiento.

ABSTRACT

The present technical study details information related to the current state of the electrical installations of the New Life Camp, obtained thanks to the application of: routine electrical tests, measurements of energy quality, transformer tests, thermographic tests and visits to the place, which allowed to identify the possible electrical risks and excessive electrical energy consumption.

From this information, the need for immediate change of certain elements of the electrical system is determined and the energy consumption that occurs in this type of facilities dedicated to lodging and tourism is evaluated, to establish energy efficiency alternatives in lighting systems, sanitary hot water production, laundry and cooking activities.

The energy efficiency measurements are established, based on the technical criteria, required investment and the adaptability of the facilities, and an economic technical evaluation is carried out through a comparison of the actual energy consumption and that which would be presented, once the efficiency measurements are implemented. With these results, the savings produced and the economic impact they represent are analyzed to make the modernization project viable.

KEYWORDS: Energy Audit, Energy Efficiency Measures, Production of Sanitary Hot Water (ACS), LED Technology, Inclusion of renewable energies, Importance of a diagnosis and maintenance.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento poblacional, el incremento de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y la tendencia de satisfacer diferentes necesidades del ser humano, hacen que en el planeta se presente el fenómeno denominado calentamiento global; esto debido principalmente al uso irresponsable de los recursos y la quema de combustibles fósiles para la producción de electricidad y gasolina que usan los autos para movilizarse a diario [1] [2].

Por otro lado, las edificaciones con más de 18 años de antigüedad pueden tener instalaciones eléctricas inadecuadas e inseguras a causa del desgaste y aumento de la carga. A escala mundial, más del 30% de los incendios se producen a causa de fallas eléctricas, obteniéndose así un alto índice de víctimas con quemaduras y mortalidad por electrocución. Además del peligro que representa, una instalación eléctrica obsoleta puede significar pagar hasta un 7% más en la planilla de electricidad, sin tomar en cuenta el consumo innecesario por parte de quipos y dispositivos antiguos [3].

Por tales motivos se hace primordial la introducción de la eficiencia energética y energías renovables en los sectores industrial, comercial y residencial, para así reducir el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero; además de modernizar las instalaciones para evitar accidentes.

Problemática

El tener una instalación eléctrica de muchos años de antigüedad a la cual no se le ha dado el correcto mantenimiento o actualización conforme el paso del tiempo representa un peligro latente para los ocupantes de la misma, esto debido a que al presentarse solamente problemas “pequeños” que se solucionan en base a mantenimientos correctivos rápidos, se le resta importancia a la realización de un diagnóstico completo que permita encontrar la raíz del problema para erradicarlo; este es el caso del Campamento de la Fundación Nueva Vida en la cual debido al paso del tiempo las instalaciones eléctricas se han ido deteriorando y presentan problemas como cortocircuitos, daño constantes de luminarias, daños en el sistema de bombeo y alto consumo energético reflejado en la factura de la energía eléctrica. Además, se tiene un especial interés en el estado del transformador y protecciones, ya que al día de hoy el aumento de carga ha sido considerable y continuará creciendo con la inclusión de máquinas industriales para el lavado y secado de ropa.

Por otro lado, al tratar de incluir el concepto de eficiencia energética como una manera de reducir costos, se presenta la idea errónea de que realizar eficiencia energética es un fuerte gasto sin tener en cuenta que en realidad es una inversión que con el paso del tiempo representará ahorros en la cuenta del consumo de energía eléctrica, con los cuales se financia el proyecto de modernización y eficiencia. También, se confunde eficiencia energética con ahorro energético, interpretándose a las medidas de eficiencia como medidas de disminución del consumo que resultan en una pérdida de confort en la instalación, desmejorando niveles de iluminación y climatización, sin embargo, este no es el caso de la eficiencia, lo que se pretende es obtener un mismo producto pero con un menor uso de recursos, por lo que no se perjudica los niveles de confort, que son tan importantes en la calidad del servicio hotelero [4].

Justificación

Este estudio se realiza en beneficio de la Fundación Nueva Vida para identificar los sectores en los cuales debe actuar inmediatamente por seguridad y otros en los cuales debe modernizarse para mejorar en cuanto al consumo de energía se refiere; permitiéndole así tener instalaciones seguras, reducir el consumo de la planilla eléctrica, prestar un servicio con instalaciones de primera y servir de ejemplo a sus clientes en el uso racional y eficiente de la energía mediante la inclusión de tecnologías que cuidan al medio ambiente.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo General

Diagnosticar el estado de las instalaciones eléctricas del Campamento de la Fundación Nueva Vida para elaborar una propuesta de modernización y eficiencia energética mediante la inclusión de tecnologías y criterios actuales que permiten el uso eficiente de la energía eléctrica.

Objetivos Específicos

- Aplicar pruebas generales a la instalación eléctrica, incluyendo protecciones, conexión a tierra y el transformador de suministro para la identificación de elementos que necesiten mantenimiento o reemplazo inmediato.
- Analizar el consumo energético actual de la instalación para identificar medidas de eficiencia energética aplicables tales como: sustitución de elementos y equipos obsoletos, introducción de energías renovables en el calentamiento de agua (colectores solares), iluminación LED y la ubicación de sensores en espacios que no se ocupan continuamente.
- Realizar la propuesta de rediseño de las instalaciones eléctricas con la inclusión de medidas de eficiencia energética.
- Evaluar el consumo energético tomando en cuenta la futura implementación de la propuesta de rediseño para evidenciar la reducción del consumo eléctrico.
- Realizar el análisis costo-beneficio para validar la propuesta de rediseño.

1.2 ALCANCE

El alcance del presente trabajo de titulación es evaluar el estado de cada uno de los elementos que conforman el sistema eléctrico del Campamento de la Fundación Nueva Vida, es decir, verificar el correcto funcionamiento de interruptores, tomacorrientes, conductores, protecciones, puesta a tierra, transformador y equipos utilizados en el lugar; esto por medio de medidas de voltaje, corriente, potencia, resistencia, factor de potencia, armónicos, temperatura, niveles de iluminación obtenidos gracias a equipos de medición tales como analizador de energía eléctrica, cámara termográfica, multímetro y luxómetro para emitir un diagnóstico del estado de la instalación e identificar pérdidas o ineficiencias en el consumo de energía eléctrica y las medidas para la modernización de la misma, buscando un funcionamiento seguro, con la realización de un diseño eléctrico eficiente y el análisis costo-beneficio que implica la inclusión de eficiencia energética en iluminación, bombeo y calentamiento de agua.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una instalación eléctrica es uno o varios circuitos eléctricos destinados a un uso específico y que cuentan con los equipos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de ellos y los aparatos eléctricos conectados a los mismos [5]. Entre los principales elementos que conforman una instalación se encuentran:

1. Transformador

Es uno de los elementos más importantes y sirve para cambiar el voltaje de suministro al voltaje necesario en la instalación [6].

2. Equipos de medición

Son aquellos equipos de la compañía eléctrica que sirven para medir el consumo de energía [6], estos equipos se los conoce comúnmente como medidores.

3. Acometida

Conjunto de elementos que permiten llevar la energía desde el punto de conexión con la empresa hasta el consumidor [7].

4. Tablero general de distribución

Conjunto de elementos que permiten distribuir la energía eléctrica a todos los puntos de la edificación: viviendas, locales, oficinas, etc. Está conformado por el Interruptor principal de la instalación, las barras de conexión, los interruptores y medidores de cada uno de los usuarios [7].

5. Alimentador principal

Permite distribuir la energía eléctrica desde el tablero general de distribución a cada uno de los usuarios [7].

6. Tablero principal

Conjunto de elementos y equipos que permiten distribuir la energía eléctrica a un sitio determinado. Está conformado por: interruptor del tablero (si lo tiene), barras de alimentación e interruptores que protegen a cada circuito ramal [7].

7. Circuitos ramales

Conforman la última parte de la instalación y son los que llevan la energía desde el tablero principal hasta el último elemento conectado a él. Se caracterizan por ser el último elemento de la instalación que tiene un dispositivo de protección contra sobrecorrientes [7].

8. Puesta a tierra

Se trata de una conexión al suelo, para desechar corrientes eléctricas indeseables. Se trata de un electrodo, por lo general denominado “pica”, enterrado en el suelo y unido a un conductor conectado a la instalación eléctrica [6].

Para que una instalación eléctrica sea considerada óptima, debe cumplir con los siguientes aspectos [8]:

a) Alimentadores y circuitos derivados

- Los conductores deben ser de una capacidad o calibre suficiente para alimentar la carga conectada.
- Los conductores no deben presentar signos de sobrecalentamiento, ni estar expuestos a condiciones que reduzcan el aislamiento.
- Los empalmes realizados deben estar de acuerdo a la norma vigente.
- Se deben respetar los colores correspondientes a fase, neutro y tierra de acuerdo a la norma.

b) Protecciones

- La capacidad de la protección debe ser acorde al calibre del conductor.
- No deben mostrar algún tipo de daño físico o sobrecalentamiento.
- No debe ser sometida a condiciones de temperaturas mayores a las especificadas.

c) Sistema de Tierra

- Verificar la existencia de un sistema de tierra.
- La conexión conductor y electrodo no debe presentar falso contacto.
- El valor de resistencia a tierra debe ser el indicado en las normas vigentes.
- Los centros de carga deben estar conectados a tierra.

d) Número de circuitos

- Los circuitos de iluminación y fuerza deben ser independientes.

- Cargas especiales como lavadoras, motores, unidades de acondicionamiento, etc. deben tener un circuito independiente cada uno.
- Utilizar lo menos posible extensiones o instalaciones provisionales.

e) Interruptores y Tomacorrientes.

- No deben presentar ningún tipo de calentamiento al tacto.
- No debe existir falso contacto.
- No deben estar flojos ni rotos.
- Utilizar tomacorrientes de 3 terminales (En el caso de poseer el conductor de tierra).

f) Tableros y cajas de distribución.

- Deben poseer una cubierta (tapa) que los proteja.
- Se deben respetar los colores normativos de los cables.
- No debe existir presencia de corrosión.

1.3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Es el encargado de dotar de luz a cierto espacio (interior o exterior) dándole un uso técnico o decorativo. Tiene como principal objetivo conseguir un nivel de iluminación adecuado de acuerdo a la actividad que se realiza en el lugar, esto gracias a la selección del número preciso de lámparas y luminarias [9]. Los elementos que componen un sistema de iluminación son:

- **La fuente de luz:** Se refiere al tipo de lámpara a utilizarse. Hoy en día se encuentran tecnologías tales como: incandescentes, fluorescentes, halógenas, LED, entre otras.
- **La luminaria:** Es el componente que controla el flujo luminoso emitido por la fuente y en su defecto evita o minimiza el deslumbramiento.
- **Los sistemas de control y regulación de la luminaria:** Son aquellos que permiten gestionar de mejor manera la energía, es decir, adecuar la cantidad y tiempo que se utiliza energía para iluminación. Este es el caso de los detectores de movimiento y presencia, células fotosensibles o relojes horarios preestablecidos.

1.3.2.1 Conceptos de luminotecnia

La luminotecnia es la ciencia que estudia las formas de producción de luz , así como su control y aplicación [9]. Entre los conceptos que se manejan en este ámbito se encuentran

los siguientes: luz, temperatura del color, índice de rendimiento cromático, flujo luminoso, eficacia luminosa, intensidad luminosa, iluminancia y luminancia.

Luz

Es una forma de energía radiante a la cual el ojo es sensible [9]. La luz que se puede observar es una pequeña porción del amplio espectro electromagnético, que incluye los rayos X, luz ultravioleta, infrarroja, microondas y ondas de radio [10].

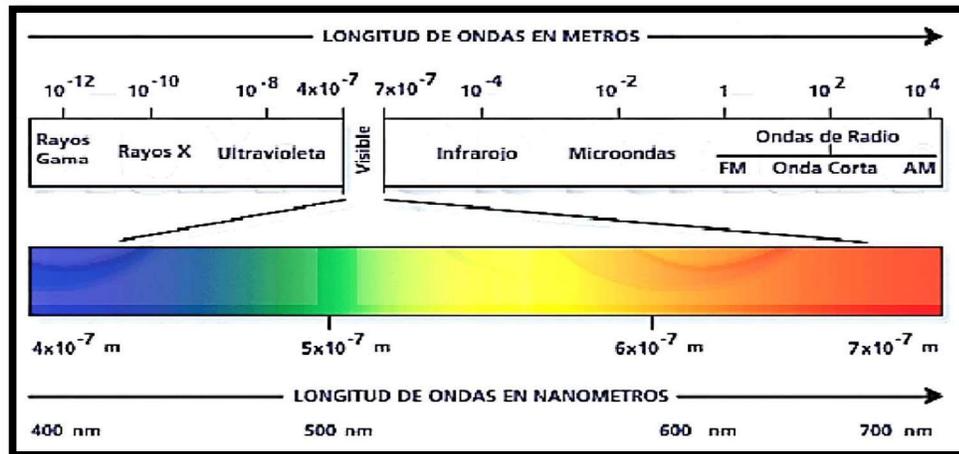


Figura 1.1. Espectro electromagnético [10]

Temperatura del color (Tc)

La temperatura del color de una fuente luminosa es una medida relacionada con su apariencia cromática, su unidad de medida es el Kelvin [K] y se refiere a las distintas tonalidades que puede tener la luz [10]. Existen 3 categorías principales:

Luz cálida: Menor o igual a 3300 °K.

Luz neutra: Entre 3300 °K y 5000 °K.

Luz fría: Mayor o igual a 5000 °K.

Índice de Rendimiento Cromático (IRC)

Se refiere a la capacidad que tiene una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores en comparación con una fuente de luz natural. El IRC se mide en una escala de 0 a 100. El 0 indica una distorsión total de los colores mientras que el 100 nos indica una reproducción fiel [10].

Flujo luminoso

Es la potencia lumínica emitida en forma de radiación luminosa. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen [lm] [10].

Eficacia luminosa

Flujo que emite la fuente de luz por cada unidad de potencia eléctrica. Su símbolo es η y su unidad es el [lm/W] [10].

Intensidad luminosa

Es la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera. Su símbolo es I y su unidad es la candela [Cd] [10].

Iluminancia

Es flujo luminoso que incide en una superficie. Su símbolo es E y su unidad de medida es el lux [lm] que se define como los lúmenes por metro cuadrado [lm/m²] [10].

Luminancia

Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad de medida es [cd/m²] [10].

1.3.2.2 Método de los lúmenes para el cálculo de iluminación

En este método se distinguen los siguientes puntos principales: el cálculo del flujo luminoso necesario, la determinación del número de luminarias necesarias, la determinación del espaciamiento entre lámparas y la comprobación de resultados [11].

a) Cálculo del flujo luminoso total necesario

Este valor a ser calculado se obtiene a partir de la ecuación 1.1 en donde se puede observar que depende de muchos factores relacionados al local, de la lámpara y luminaria a instalarse.

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad (1.1)$$

Donde:

Φ_T : Flujo luminoso que un área determinada necesita [lm].

E_m : Nivel de iluminación medio o requerido [lx].

S: Superficie a iluminar [m²].

C_u : Coeficiente de utilización.

C_m : Coeficiente de mantenimiento.

Debido a que este valor depende de factores estructurales, la lámpara y luminaria, los datos de entrada necesarios son los siguientes [11]:

Dimensiones del local: se refiere al largo, ancho y altura del local; datos que permitirán obtener la superficie total a iluminar

Altura del plano de trabajo: es la altura a la cual se verificará si los niveles de iluminancia son los adecuados.

Nivel de iluminancia media: Este valor se obtiene de tablas y depende del tipo de actividad que se va a realizar en lugar a iluminar.

Elección del tipo de lámpara: Este proceso se refiere a seleccionar una lámpara que posea ciertas características de acuerdo al local a iluminar, entre los principales puntos que se toman a consideración se encuentran: la temperatura del color, el Índice de reproducción cromática y el tipo de tecnología (incandescente, fluorescente, LED, etc.) que se relaciona con la vida útil promedio y la eficacia luminosa de la fuente luminosa.

Elección del tipo de luminaria: Este elemento que sirve de soporte y conexión a la red para la lámpara se selecciona en base al tipo de local a iluminar dependiendo de las características ópticas, mecánicas y eléctricas requeridas por el mismo.

Determinar la altura de suspensión de la luminaria

En primer lugar, es necesario determinar la simbología de las diferentes alturas que se tomarán en cuenta en un local; a partir de las cuales se calcularán otros datos.

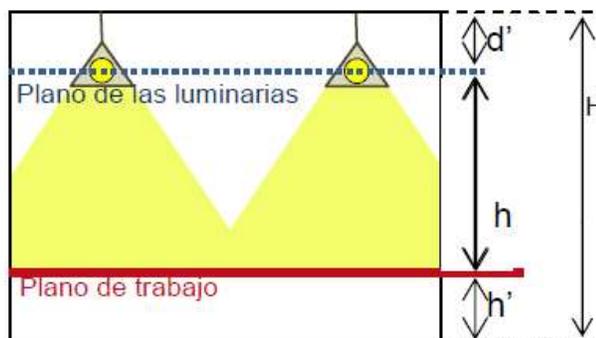


Figura 1.2. Alturas a considerar en el diseño de iluminación de un local [11]

Donde:

d' : altura entre el plano de las luminarias y el techo.

h : altura entre el plano de trabajo y el plano de las luminarias.

h' : altura del plano de trabajo.

H : altura del local.

Por lo general en locales de altura normal, es decir, de 2 a 2.5 metros lo más común es colocar las luminarias lo más alto posible [11]; no obstante, en locales de altura elevada es necesario determinar la altura adecuada a la cual deben estar suspendidas las luminarias. Para determinar esta altura de suspensión se utilizan los valores de la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Cálculo para la distancia de suspensión [11]

| Tipo de iluminación | Mínimo | Óptimo |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa | $h = \frac{2}{3}(H - h')$ | $h = \frac{4}{5}(H - h')$ |
| Locales con iluminación indirecta | $d' = \frac{1}{5}(H - h')$ | $h = \frac{3}{4}(H - h')$ |

Iluminación directa

Casi todo el flujo luminoso (90% al 100%) se dirige directamente a la superficie que se va a iluminar. La iluminación directa produce sombras profundas y existe el peligro de deslumbramiento.

Iluminación semidirecta

La mayor parte del flujo luminoso (60% al 90%) se dirige directamente hacia la superficie a iluminar, y una pequeña parte (10% al 40%) se hace llegar a dicha superficie previa reflexión en techos y paredes.

Iluminación difusa

Aproximadamente la mitad del flujo luminoso (40% al 60%) se dirige directamente hacia abajo y el restante se dirige hacia el techo. Con este tipo de iluminación se consigue eliminar por completo las sombras y hacer más extensa la superficie luminosa, obteniéndose una iluminación suave y sin deslumbramiento.

Iluminación semi-indirecta

Una pequeña parte del flujo luminoso (10% al 40%) incide directamente en la superficie por iluminar, y la otra parte se envía hacia el techo, donde se refleja para luego llegar a la superficie a iluminar. Esto genera un rendimiento luminoso bajo. Para conseguir resultados efectivos, las paredes y el techo deben estar pintados con colores claros.

Iluminación indirecta

Casi todo el flujo luminoso (90% al 100%) se dirige hacia el techo, lo que se traduce en instalar lámparas de gran potencia luminosa para conseguir niveles de iluminación aceptables. La iluminación indirecta es la más costosa, pero también la que produce el mejor efecto luminoso ya que la iluminación de los objetos es muy suave y sin contrastes de brillo.

Determinar el coeficiente de utilización

Es un indicador que expresa la relación que existe entre el flujo luminoso que emite la lámpara y el que llega efectivamente al plano de trabajo. Este valor se encuentra en tablas que son proporcionadas por el fabricante [11]. En esas tablas se puede encontrar para cada tipo de luminaria en función del índice del local y los coeficientes de reflexión.

Índice del local

Este índice se calcula en base a la geometría del local y del sistema de iluminación a utilizarse, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.2. Cálculo del índice del local [11]

| Sistema de iluminación | Índice del local |
|--|--|
| Iluminación directa, semidirecta y general difusa. | $k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$ |
| Iluminación indirecta y semiindirecta. | $k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + h') * (a + b)}$ |

Coefficientes de reflexión

Este coeficiente depende del tipo de material, color y acabados que tiene la superficie en la que incide la luz [11]. Para este caso se tomarán los siguientes valores tanto para techos, paredes y pisos:

Tabla 1.3. Valores del factor de reflexión

| Superficie | Factor de reflexión |
|-------------------|----------------------------|
| Muy clara | 0.7 – 0.8 |
| Clara | 0.5 – 0.7 |
| Media | 0.3 – 0.5 |
| Oscura | 0.1 – 0.3 |

Determinar el coeficiente de mantenimiento

También conocido como coeficiente de conservación, se refiere a la influencia que tienen el grado de limpieza de la luminaria, el grado de suciedad ambiental y de la limpieza del local sobre el flujo luminoso emitido por las lámparas [11]. Como referencia se toman los siguientes valores:

Tabla 1.4. Coeficientes de mantenimiento [11]

| Ambiente | Cm |
|-----------------|-----------|
| Limpio | 0.8 |
| Sucio | 0.6 |

b) Cálculo del número de luminarias necesarias

Este proceso se lo realiza mediante la ecuación 1.2, que se muestra a continuación.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \tag{1.2}$$

Donde:

NL: Número de luminarias

Φ_T : Flujo luminoso total que requiere un área o local [lm].

n: Número de lámparas que posee la luminaria.

Φ_L : Flujo luminoso que proporciona una lámpara [lm].

El valor obtenido debe ser un número entero, por lo cual en el caso de tener decimales se debe redondear.

c) Distribución de las luminarias en el local

Como primer punto se debe definir el número de filas y columnas de luminarias, lo cual se obtiene en base a las siguientes expresiones.

La ecuación 1.3 indica el número de filas de luminarias a lo ancho

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b} * a} \quad (1.3)$$

La ecuación 1.4 indica el número de columnas de luminarias a lo largo

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{b}{a} \quad (1.4)$$

Para este caso la ubicación de las luminarias dentro del local será realizada con el software Dialux ya que este permite obtener una distribución general homogénea con solo ingresar los datos calculados.

d) Comprobación de los resultados

En este proceso se verifica que con los diferentes elementos seleccionados la iluminancia promedio del local sea acorde a los establecidos en las normas. Para esto se utiliza la ecuación 1.5.

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi_L * C_u * C_m}{S} \geq E_{tablas} \quad (1.5)$$

Donde:

E_m : Nivel de iluminación medio o requerido [lx].

NL: Número de luminarias

n: Número de lámparas que posee la luminaria.

Φ_L : Flujo luminoso que proporciona una lámpara [lm].

C_u : Coeficiente de utilización.

C_m : Coeficiente de mantenimiento.

S: Superficie a iluminar [m^2].

1.3.2.3 Calidad de un sistema de iluminación

Los parámetros que definen la calidad de un sistema de iluminación varían de acuerdo al lugar que se desea iluminar [9], pero debe cumplir con las siguientes exigencias comunes

- **Nivel de iluminación:** Los luxes (lx) necesarios en un área.
- **Distribución de luminancias en el campo visual.**
- **Limitación del deslumbramiento.**
- **Modelado:** Limitación del contraste de luces y sombras.
- **Color:** Color de la luz e Índice de Reproducción Cromática (IRC).
- **Estética:** selección del tipo de lámparas y luminarias.

1.3.2.4 Niveles de iluminancia sugeridos

En una instalación dedicada al hospedaje el consumo de energía generado por iluminación representa un porcentaje considerable del consumo total, por lo cual el mismo debe ser eficiente para cumplir los objetivos de confort y a su vez no sobrepasar los límites adecuados.

Tabla 1.5. Niveles de iluminación en instalaciones de hospedaje [12] [13]

| Lugar | Mínimo [lx] | Recomendado [lx] |
|-----------------------|-------------|------------------|
| Cocina | 100 | 200 |
| Comedor | 100 | 300 |
| Dormitorios (General) | 50 | 200 |
| Baño (General) | 50 | 100 |
| Camas y espejos | 200 | 500 |
| Salas de reuniones | 200 | 500 |
| Auditorio | 200 | 500 |
| Lectura prolongada | 300 | 500 |
| Oficinas | 200 | 300 |
| Bodegas - Almacenes | 50 | 200 |
| Corredores - Pasillos | 50 | 70 |
| Público | 100 | 200 |
| Closets | 50 | 100 |

1.3.2.5 Tipos de lámparas

a) Incandescentes

Se halla compuesta por un bulbo o ampolla de vidrio, dentro del que hay un filamento que se pone incandescente por efecto Joule cuando una corriente eléctrica circula a través de él. Los extremos del filamento están conectados a los contactos del casquillo metálico al que va pegada la ampolla de vidrio [14].

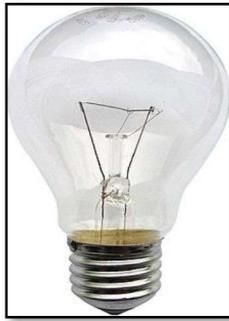


Figura 1.3. Lámpara incandescente [Internet]

b) Fluorescentes

Son lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión. Su funcionamiento se basa en la descarga de electrones desde un extremo del tubo hacia el otro a través de una nube de gas de vapor de mercurio ionizado. Poseen una mayor eficiencia en comparación con las lámparas incandescentes [14].



Figura 1.4. Lámpara incandescente [internet]

c) Vapor de mercurio

Lámpara de arco, en vapor de mercurio de baja, alta y altísima presión. Dispone de un tubo de descarga en cuarzo que contiene electrodos de encendido o arranque [13].



Figura 1.5. Lámpara de vapor de mercurio [Internet]

d) Halógena

Es una lámpara de vapor de mercurio de alta presión a la que se le ha añadido, en la ampolla de descarga, halógenos metálicos (de sodio, de talio, de indio), que mejoran el espectro de radiación [13].



Figura 1.6. Lámpara halógena [Internet]

e) Vapor de sodio – alta presión

Consta de un tubo de descarga de óxido de aluminio sinterizado, de alto grado de transparencia que contiene sodio, mercurio y un gas inerte, siendo el sodio el principal productor de la luz [13].



Figura 1.7. Lámpara de vapor de sodio de alta presión [Internet]

f) Vapor de sodio – baja presión

Consta de 2 ampollas tubulares; la interna o tubo de descarga tiene forma de U y en su interior hay gas neón a baja presión, cierta cantidad de sodio puro y en sus extremos los electrodos. La ampolla exterior sirve de protección térmica [13].

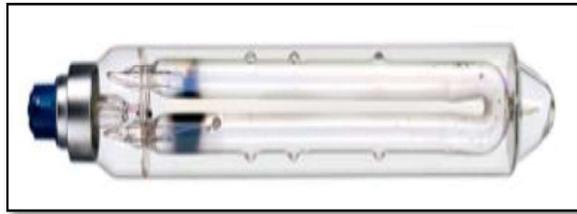


Figura 1.8. Lámpara de vapor de sodio de alta presión [Internet]

g) Xenón

Están fundamentadas en la descarga eléctrica entre 2 electrodos, a través de gas xenón a alta presión dentro de una ampolla. Existen 2 tipos: de arco corto y arco largo y luminancia media [13].



Figura 1.9. Lámpara de xenón [Internet]

h) Tecnología LED

Hoy en día la tecnología LED se proyecta como el futuro de la iluminación; las diferentes empresas trabajan a diario para desarrollar LED's aún más eficientes y resistentes a la temperatura elevada [15]. Además, se busca reducir su coste de producción para que el precio al público sea más accesible.

Ventajas de la tecnología LED

- Bajo consumo de energía.
- Alta Eficacia (lm/W)
- Vida útil muy superior en comparación con otro tipo de lámparas.
- Las luminarias son compactas y resistentes.
- Debido a su bajo consumo son ideales para la iluminación de emergencia.
- Amigables con el medio ambiente ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos.
- No emiten radiación infrarroja o ultravioleta.

- Posee un amplio rango de colores.
- Encendido instantáneo.
- Índice de reproducción cromática (IRC) alto.
- Reducidos costes de mantenimiento.

Desventajas de la tecnología LED

- Precio elevado.
- Necesitan disipadores de calor eficientes.
- Requieren una corriente eléctrica precisa.

Como se observó, en la actualidad existen varias tecnologías utilizadas para la producción de luz, pero que se distinguen por la manera en que aprovechan la energía.

En la siguiente figura se muestra una tabla comparativa de los aspectos principales de las fuentes de iluminación comúnmente utilizadas.

| Tipo de lámpara | Eficacia (lm/W) | Tiempo de vida (h) | IRC |
|-------------------------|-----------------|--------------------|-----|
| ▶ Halógena | 20 | 1.200 | 100 |
| ▶ Halogenuros metálicos | 70 - 108 | 15.000 | 90 |
| ▶ Fluorescente | 60 - 100 | 8.000 | 80 |
| ▶ Sodio baja presión | 120 - 200 | 16.000 | 25 |
| ▶ Sodio alta presión | 95 - 130 | 28.000 | 45 |
| ▶ LED | 90 - 120 | >50.000 | >75 |

Figura 1.10 Comparación de las tecnologías de iluminación [15]

1.3.2.6 Luminarias solares

Son equipos que aprovechan la energía solar para la producción de luz, esto mediante el denominado efecto fotovoltaico.

Efecto fotovoltaico

Es la conversión de la energía solar en electricidad, esto mediante la utilización de materiales semiconductores que al absorber fotones pueden emitir electrones [16].

La utilización de semiconductores en la fabricación de células fotovoltaicas se debe a que la energía que une a los electrones de valencia con el núcleo es similar a la energía de los

fotones de los rayos solares, es decir, al incidir fotones en el material semiconductor, los electrones de valencia se separan del núcleo y quedan libres para circular por el semiconductor [16].

Elementos

Entre los elementos que conforman una luminaria solar se encuentran: la lámpara (generalmente LED), un panel solar fotovoltaico, un módulo de baterías recargables (Litio - utilizadas en vehículos eléctricos) y una estructura soporte [16].



Figura 1.11. Elementos de una luminaria solar [internet]

Funcionamiento

- Al contar con panel fotovoltaico en la parte superior, este por medio del efecto fotovoltaico genera energía eléctrica.
- La energía producida es regulada y almacenada en el módulo de baterías recargables. El proceso de almacenamiento dura todo día mientras exista incidencia solar, pero en el caso de completarse, este es interrumpido.
- En la noche la batería provee energía eléctrica a las lámparas LED para la producción de luz.

1.3.3 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores de distribución son aquellos que poseen una potencia generalmente menor o igual a 500 kVA y cuyo nivel de voltaje es inferior a los 34 kV. Para nuestro medio pueden ser monofásicos o trifásicos, siendo utilizados comúnmente para la energización de residencias, edificios, almacenes, talleres y centros comerciales [17].

Por lo general para sectores rurales con un consumo de demanda moderado se opta por los transformadores convencionales monofásicos o trifásicos (ubicados en torre), en donde este último aspecto depende del acceso que se tenga a la red trifásica.

1.3.3.1 Pruebas a transformadores de distribución

Según la Norma NTE INEN 2 111:2004 la cual describe los métodos de las pruebas eléctricas a las que deben someterse los transformadores de potencia y distribución, se detalla los siguientes conceptos [18] [19].

La prueba eléctrica se define como aquella que se realiza a los transformadores con el objetivo de determinar su comportamiento eléctrico [18], se clasifican de la siguiente manera:

- **Prueba de rutina:** La que debe realizarse a cada transformador de manera individual.
- **Pruebas tipo:** La efectuada por el fabricante a un transformador representativo de una serie de aparatos de valores iguales e igual constitución, con el fin de demostrar el cumplimiento de las normas.
- **Pruebas especiales:** Prueba diferente a las de rutina, acordado entre fabricante y comprador y exigible solo en el contrato particular.

Esta norma se aplica a todos los tipos de transformadores de potencia y distribución, sumergidos en líquido aislante y refrigerante, sin contenido de PCB y secos [18].

Las principales pruebas de rutina para transformadores de distribución son las siguientes:

1. Medición de la resistencia de los devanados

Esta prueba se realiza con el objetivo de comprobar las conexiones internas de los devanados y guías, es decir, que estén sujetas firmemente y no presenten espiras en corto circuito. Este valor de resistencia se utiliza además para obtener las pérdidas en el cobre [11].

2. Medición de la relación de transformación

Permite determinar la relación entre el número de vueltas del devanado primario y el secundario; es decir, verificar que las relaciones de transformación para las diferentes posiciones del tap de un transformador están dentro de la tolerancia de medición. La

tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador está sin carga debe ser de $\pm 0.5\%$ en todas sus derivaciones [19].

3. Prueba de circuito abierto

Permite determinar la corriente de magnetización y las pérdidas en vacío [18].

4. Prueba de cortocircuito

Permite determinar las pérdidas en los devanados y verificación de la impedancia señalada en la placa [18].

5. Prueba de voltaje aplicado

Permite verificar que la clase y cantidad de material aislante de los devanados correspondientes sean las adecuadas, para así asegurar que el transformador resistirá los esfuerzos eléctricos a los que será sometido durante su operación [19].

6. Prueba de voltaje inducido

El objetivo de esta prueba es comprobar si el aislamiento entre vueltas, capas y secciones de los devanados del transformador es de la calidad requerida, así como verificar el aislamiento entre bobinas y entre devanados y tierra [19].

7. Medición de la resistencia de aislamiento

Permite verificar que los aislamientos del transformador cumplen con la resistencia mínima soportable bajo la operación a la que serán sometidos, por lo tanto, ayuda a determinar la cantidad de humedad e impurezas que contienen los aislamientos del transformador [19].

Para realizar esta prueba, mediante el uso del megaóhmetro se debe medir el aislamiento entre:

- Bobinado de Alto Voltaje – Bobinado de Bajo Voltaje
- Bobinado de Alto Voltaje - Tanque
- Bobinado de Bajo Voltaje – Tanque

Antes de hacer conexiones se debe comprobar que el neutro esté aislado del tanque

8. Prueba de la rigidez dieléctrica del líquido aislante y refrigerante.

Permite verificar que el aceite usado en el transformador cumple con las características dieléctricas requeridas. Según la Norma A.S.T.M. D-877 se considera que el aceite se encuentra en buen estado si su voltaje promedio de disrupción es igual o mayor a 30 kV [18] [19].

9. Prueba colorimétrica para detección de PCB's (Bifenilos Policlorados).

Adicional a las pruebas eléctricas de rutina también se considera la realización de la Prueba colorimétrica para detección de PCB's (Bifenilos Policlorados) ya que en 1979 se prohibió su fabricación y uso al comprobarse su peligrosidad.

La prueba se realiza conforme al método EPA 9079, utilizando un kit colorimétrico que detecta concentraciones mayores a 50 ppm de PCB's; es decir, si el resultado es la obtención de una sustancia color púrpura, se afirma que el líquido contiene menos de 50 ppm de PCB's [20], de acuerdo a la figura siguiente.

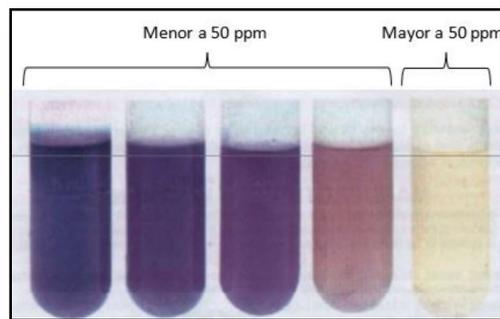


Figura 1.12. Criterio de aprobación de la prueba colorimétrica [20]

Al realizarse esta prueba se da cumplimiento con la norma NOM-133-ECOL-2000, la cual indica en su inciso 8.2 que: “los poseedores de fluidos eléctricos almacenados, en operación y fuera de servicio que no cuenten con letreros, marcas, placas de identificación o no se tengan las pruebas documentales correspondientes, deberán demostrar que no contienen PCB's” [20].

Para el caso de estudio, solo se tomarán en cuenta las pruebas de rutina aplicables, con las cuales se obtendrá un diagnóstico del estado del transformador.

1.3.3.2 Termografía

Es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia, sin la necesidad de contacto físico con el objeto en estudio.

Entre las aplicaciones de esta técnica se destaca el uso para la realización de auditorías energéticas, rehabilitación energética de edificios y demás campos de la eficiencia energética, ya que al ser un procedimiento no destructivo permiten obtener datos reales del estado de un elemento en particular y la posible existencia de problemas con los elementos constructivos de una edificación [17].

Ventajas

- Prevención de averías
- Reducción del consumo energético
- Rapidez y eficacia en la identificación de puntos calientes
- Evitar costosas pérdidas
- Optimiza el proceso productivo
- Contribuye a la extensión de la vida útil de equipos

Criterio para diagnóstico – ANSI/NETA ATS-2009

| Criterios para diagnostico ANSI/NETA ATS-2009 TABLA 100.18 Thermographic Survey Suggested Actions Based Temperature Rise | | | |
|--|---------------------------------|----------------------|---|
| Nivel | Diferencia de Temperatura | Clasificación | Acción |
| 1 | 1°C - 10°C O/A, ó 1°C a 3°C O/S | Posible deficiencia | Se requiere más información |
| 2 | 11°C–20°C O/A, ó 4°C a 15°C O/S | Probable deficiencia | Reparar en la próxima parada disponible |
| 3 | 21°C–40°C O/A, ó > 15°C O/S | Deficiencia | Repara tan pronto como sea posible |
| 4 | >40°C O/A, ó > 15°C O/S | Deficiencia mayor | REPARAR INMEDIATAMENTE |

Figura 1.13. Norma ANSI/NETA ATS-2009 para termografía

Donde:

$\Delta T O/A$: Diferencia de temperatura basada en comparaciones entre componentes similares bajo carga similar

$\Delta T O/S$: Diferencia de temperatura basada en comparaciones entre las temperaturas del componente y el aire.

1.3.4 CABLES ELÉCTRICOS

Es un elemento que se utiliza para el transporte de electricidad de un punto a otro. Las partes de un conductor eléctrico son: conductor eléctrico, aislamiento y cubierta [21].

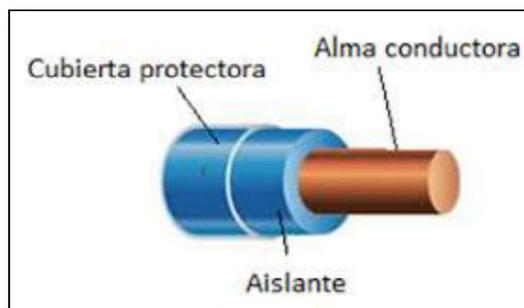


Figura 1.14. Partes de un cable eléctrico [Internet].

Conductor eléctrico: Es la parte del cable que transporta la electricidad y puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio [21].

Aislamiento: Es la parte que recubre al conductor y se encarga que la corriente llegue a su destino sin que se produzca alguna fuga [21].

Cubierta: Es la parte del cable que lo protege de factores externos [21].

1.3.4.1 Tipos de conductores

Conductor de alambre desnudo: es solo alambre en estado sólido, no posee recubrimiento y es poco flexible. Se usa principalmente para la conexión a tierra [21].

Conductor de alambre aislado: es un conductor de alambre desnudo que posee una capa aislante que lo recubre, para así evitar el contacto con personas, objetos metálicos o conductores aledaños. Su uso más común es en viviendas [21].

Conductor de cable flexible: está compuesto por varios finos alambres de cobre recubiertos por material aislante. Son muy maleables [21].

Conductor de cordón: Es la unión de dos o más conductores de cable flexible que adicional a su aislamiento individual, poseen un aislamiento principal que los cubre a todos [21].

1.3.4.2 Cálculo de conductores

La selección del calibre del conductor se realizará en base a tablas, en donde con el dato de corriente máxima requerida por la carga se puede obtener la sección de conductor más apropiada. En el **ANEXO A** se presenta la tabla de ampacidad de conductores utilizada.

Se debe además verificar que la caída de voltaje en un tramo de conductor no sea superior al 5% del voltaje nominal, ya que esto implicará pérdidas de energía. La caída de voltaje se calcula a partir de la distancia entre el tablero de distribución y la carga.

1.3.5 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se refiere a un conjunto de características que permiten al producto y al servicio eléctrico cumplir con las expectativas del cliente. La Regulación CONELEC 004/01 establece tres campos en los cuales actúa el concepto calidad de energía eléctrica [22].

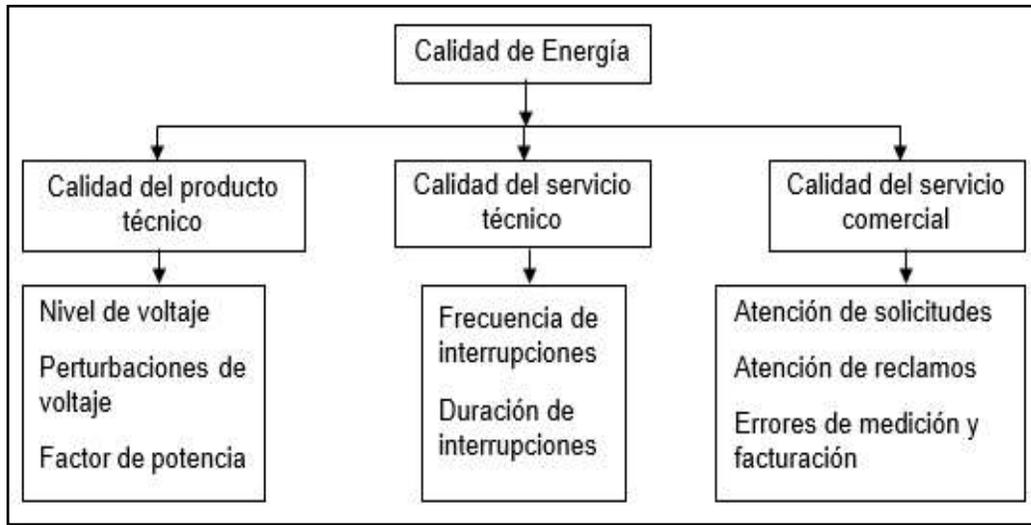


Figura 1.15 Clasificación de la calidad de energía [22]

Para el caso de estudio se tomará en cuenta solamente la calidad del producto ya que se busca encontrar anomalías en el voltaje, corriente y potencia suministrada a las instalaciones del campamento.

1.3.5.1 Nivel de voltaje

Se refiere a las variaciones de voltaje presentes en un punto de medición; en el cual se compara el voltaje eficaz (rms) medido con respecto al valor nominal [22].

Índice de Calidad

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (1.6)$$

Donde:

ΔV_k : Variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : Voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición

Límites

El distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje [22].

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor de voltaje nominal se encuentran detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 1.6. Límites de las variaciones de voltaje [22]

| Nivel de voltaje | ΔV |
|------------------------|------------|
| Alto Voltaje | $\pm 5\%$ |
| Medio Voltaje | $\pm 8\%$ |
| Bajo Voltaje (Urbanas) | $\pm 8\%$ |
| Bajo Voltaje (Rurales) | $\pm 10\%$ |

1.3.5.2 Perturbación - Flicker

Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, que no supera el $\pm 10\%$ del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. También conocido como “parpadeo” causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo del ser humano [22].

Índice de Calidad

Se considera el índice de Severidad por FLicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC [22]; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad (1.7)$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}$: Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación

Límites

El índice de severidad del flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población [22].

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido, por un tiempo superior al 5% del período de medición de 7 días continuos [22].

1.3.5.3 Perturbación - Armónicos

Son ondas que se suman a la fundamental, deformándola y cuya frecuencia es igual a un múltiplo entero de la frecuencia a la que funciona el sistema (60 Hz).

La principal causa de la aparición de estas ondas de voltaje o corriente es la presencia de cargas o elementos no lineales, los cuales generan corrientes armónicas. En distribución este fenómeno se debe a la sobrecarga de transformadores o que se encuentran en región de saturación [22].

Índice de Calidad

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad (1.8)$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) \quad (1.9)$$

Donde:

V_i' : Factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

V_i : Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i=2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Límites

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD) señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y cuadragésima, ambas inclusive [22].

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD | TOLERANCIA $ V_n' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición) | |
|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| | V > 40 kV (otros puntos) | V ≤ 40 kV (trafos de distribución) |
| Impares no múltiplos de 3 | | |
| 5 | 2.0 | 6.0 |
| 7 | 2.0 | 5.0 |
| 11 | 1.5 | 3.5 |
| 13 | 1.5 | 3.0 |
| 17 | 1.0 | 2.0 |
| 19 | 1.0 | 1.5 |
| 23 | 0.7 | 1.5 |
| 25 | 0.7 | 1.5 |
| > 25 | $0.1 + 0.6*25/n$ | $0.2 + 1.3*25/n$ |
| Impares múltiplos de tres | | |
| 3 | 1.5 | 5.0 |
| 9 | 1.0 | 1.5 |
| 15 | 0.3 | 0.3 |
| 21 | 0.2 | 0.2 |
| Mayores de 21 | 0.2 | 0.2 |
| Pares | | |
| 2 | 1.5 | 2.0 |
| 4 | 1.0 | 1.0 |
| 6 | 0.5 | 0.5 |
| 8 | 0.2 | 0.5 |
| 10 | 0.2 | 0.5 |
| 12 | 0.2 | 0.2 |
| Mayores a 12 | 0.2 | 0.5 |
| THD | 3 | 8 |

Figura 1.16 Porcentaje de tolerancia de los armónicos [22].

1.3.5.4 Factor de potencia

Es la relación entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA); es decir, nos indica cuanto realmente de la potencia consumida se convirtió en trabajo útil.

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1, donde 1 representa el mejor aprovechamiento de la energía [22].

Tabla 1.7. Causas y consecuencias de un bajo factor de potencia

| Causas | Consecuencias |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de un gran número de motores eléctricos. • Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado. • Un mal estado de la red eléctrica. | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la intensidad de corriente. • Disminución de la vida útil del aislamiento del conductor. • Reducción de la vida útil de equipos y conductores. • Caídas de voltaje. • Aumento de la factura eléctrica. |

Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad [22].

Límites

El valor mínimo es de 0.92.

1.3.6 MANTENIMIENTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Es un proceso que se realiza a los diferentes elementos que conforman la instalación, con el único objetivo mantener a los mismos en buen estado operativo y en condiciones de funcionamiento predeterminadas [8].

1.3.6.1 Tipos de mantenimiento

Existen 4 tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo, predictivo y de actualización, se diferencian principalmente por el momento en que se realizan.

- **Preventivo:** Se realiza para de evitar fallos o incidencias, es decir, antes de que ocurran.
- **Correctivo:** Es aquel que se realiza una vez el equipo ha sufrido un fallo.
- **Predictivo:** Se centra en evaluar la vida útil de las partes constructivas del equipo, para así sustituirlas antes de producirse un daño grave.
- **Actualización:** Se refiere a la sustitución de tecnología obsoleta.

1.3.6.2 Detección de mantenimiento

Una manera sencilla de detectar si una instalación eléctrica necesita mantenimiento, puede ser realizada por parte del mismo usuario [8], observando los siguientes aspectos:

- 1. Es común el uso de adaptadores de corriente que cuenten con un tercer terminal**

Esto debido a que en la actualidad los aparatos eléctricos y electrónicos necesitan estar protegidos contra descargas eléctricas [8].

2. El uso de extensiones para conectar más de un aparato en una habitación

Esto a causa del notorio aumento de aparatos eléctricos que se necesitan en el hogar, ya que años atrás las normas de construcción no especificaban un número alto de tomacorrientes en cada habitación [8].

3. Desconectar aparatos, para utilizar otros

Se presenta como la consecuencia de que nuestra instalación eléctrica no está preparada para lidiar con la carga que hoy en día se maneja, es decir, no se pueden utilizar simultáneamente la plancha y lavadora, entre otros equipos [8].

4. La presencia de descargas eléctricas cuando se abre el refrigerador o se usa la lavadora.

La razón principal es la no existencia del conductor de tierra que nos protege de descargas [8].

5. Verificar si contamos con un interruptor de circuito por falla a tierra

En la actualidad existen tomacorrientes con un interruptor GFCI que, al detectar una variación de corriente muy pequeña a lo largo de un camino no deseado, deshabilita la energía en esa zona. Este instrumento es muy importante en un hogar que a causa del uso de agua o presencia de vapor hace más propenso al usuario de recibir una descarga [8].

Cabe recalcar que estas observaciones permiten solo detectar la existencia del problema mas no significa que el usuario debe actuar, esto debido a que el diagnóstico y mantenimiento debe ser realizado por personal calificado [8].

1.3.7 IMPORTANCIA DE REALIZAR UN DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO.

Es de vital importancia realizar un diagnóstico y mantenimiento periódico a la instalación eléctrica, ya que, debido al paso del tiempo y el uso continuo, los elementos que conforman una instalación eléctrica se ven afectados, generando riesgos para el usuario, tales como: incendios, descargas al usuario, fugas de corriente, entre otras.

1.3.8 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se define como la forma de aprovechar de mejor manera la energía, es decir, obtener un mismo resultado consumiendo una cantidad menor de energía o en su defecto producir una mayor cantidad de producto final con la misma cantidad de energía.

1.3.8.1 Eficiencia energética en el mundo.

Con el pasar de los años más países se unen a la iniciativa de generar normativas y regulaciones para optimizar la demanda energética, ya que, a pesar de la realización continua de campañas informativas y acuerdos voluntarios para el buen uso de la energía, estas no reflejan el resultado esperado [1]. Por tal motivo alrededor del 70% de países han impulsado la creación de programas de eficiencia energética con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Asegurar el abastecimiento de energía en condiciones de eficiencia productiva.
- Mantener el equilibrio de los recursos naturales disponibles y provocar el menor impacto ambiental.
- Desarrollar marcos regulatorios que propicien medidas de eficiencia energética.
- Estimular el mercado mediante incentivos económicos.
- Facilitar mecanismos financieros apropiados.
- Fomentar la investigación en materia energética.

En la actualidad es de vital importancia introducir el concepto de eficiencia energética en cada una de las actividades realizadas para satisfacer las necesidades del ser humano, puesto que a la fecha ya se comienzan a afrontar los siguientes problemas [1]:

- El consumo de energía mundial está en crecimiento.
- El costo de la energía se está incrementando.
- El agotamiento de recursos.
- Existen países con una elevada dependencia energética del exterior.
- Cambio climático.

1.3.8.2 Conceptos de Eficiencia Energética

Algunos de los conceptos más utilizados en eficiencia energética son los siguientes:

a) Intensidad Energética

Es un indicador de eficiencia energética y se define como la cantidad de energía primaria y secundaria necesaria para producir bienes o servicios sobre la cantidad de bienes o servicios producidos

$$I.E. = \frac{\text{Cant.de energía primaria o secundaria necesaria para producir bienes o servicios}}{\text{cantidad de bienes o servicios producidos}} \quad (1.10)$$

Donde:

I.E.: Intensidad Energética

b) Uso racional de la energía

Este concepto se encuentra más relacionado con las costumbres de cada persona ya que se refiere a no utilizar energía innecesariamente, por lo tanto, tiene que ver con la concientización en las personas para no malgastar este recurso.

c) Clase Energética

De acuerdo con las Normativas RTE INEN 036, NTE INEN 035, RTE INEN 072, RTE INEN 109, entre otras; es obligatorio que todo equipo destinado al uso doméstico posea una etiqueta energética en la cual se presente información del consumo del equipo. Existen 7 clases (A, B, C, D, E, F y G) en donde A es la más eficaz y G la menos eficaz. En la actualidad existen las categorías A+, A++ y A+++ que indican un grado mayor de eficiencia en comparación con la clase A.

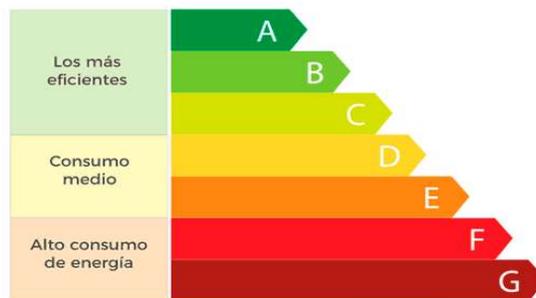


Figura 1.17. Clase energética [Internet]

1.3.9 AUDITORÍA ENERGÉTICA

Es un proceso que permite obtener una idea clara de la manera en que se está utilizando la energía en una zona, así también como la identificación de oportunidades de optimización en el uso de la misma en base a un análisis técnico – económico [23].

1.3.9.1 Objetivos de la Auditoría Energética

Entre los objetivos de la auditoría energética, se pueden citar [23]:

- Conocer la situación energética actual de las instalaciones.
- Identificar el origen del consumo energético y los factores que lo afectan.
- Mejorar la eficiencia de las instalaciones.
- Detectar y evaluar las posibilidades de ahorro y de mejora de la eficiencia energética.
- Proponer mejoras en base a una evaluación técnica-económica.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.

1.3.9.2 Ventajas de la Auditoría Energética

Entre las ventajas de aplicación de una auditoria energética están:

- Reducción de costes y consumo energético
Al detectar y eliminar consumos excesivos en ciertos sectores se logra consumir una cantidad menor de energía, lo que se traduce en menos dinero a pagar.
- Prolongación de la vida útil de la instalación eléctrica.
Al eliminar los consumos excesivos se logra que el sistema trabaje a condiciones apropiadas, generando un menor desgaste de los elementos que conforman la instalación eléctrica.
- Permite la inclusión de energías renovables
Al buscar alternativas para solucionar un problema de consumo irregular, las energías limpias resultan ser un buen sustituto ya poseen una larga vida útil y ofrecen grandes beneficios con una inversión que se recupera a mediano plazo.

1.3.9.3 Tipos de auditorías

Existen diferentes tipos de auditorías y se diferencian principalmente por el nivel de profundidad del estudio y la inversión requerida. Entre las cuales se encuentran:

1. Diagnóstico Energético

Se realiza mediante la inspección visual de las instalaciones y el análisis de los registros rutinarios de operación y mantenimiento. Su objetivo es encontrar medidas de ahorro y eficiencia energética inmediatamente aplicables que requieren poca inversión [23].

2. Auditoria Energética

Mediante la recolección de datos de suministro y todas las formas de consumo de energía de lugar; se realizan con el objetivo de evaluar las posibilidades de ahorro de

energía y la cuantificación de las mismas, para así justificar económicamente la aplicación de dichas medidas [23].

3. Auditoría energética en profundidad

Incluye los aspectos antes mencionados, pero además contempla un estudio del proceso productivo, llegando incluso a modificarlo (cambio de tecnología) para obtener resultados eficientes [23].

4. Auditoría energética dinámica.

Conocida como gestión energética en edificios, es aquella que se realiza de modo continuo; es decir, el consumo energético se ve sometido a un análisis diario [23].

1.3.9.4 Pasos de una auditoría energética

Los pasos que pueden seguirse en una auditoría son [23]:

1. Recolección de información general de las instalaciones.

Este proceso se refiere a recolectar datos de infraestructura (áreas principales), facturación eléctrica, carga instalada y fuentes de energía utilizadas [23].

2. Elaborar balances de energía.

Se realiza con el fin de conocer la manera en que se distribuye la energía por cada una de las áreas, esto mediante la toma de datos y mediciones puntuales. Este balance se realiza bajo el principio de que la energía que se aporta al sistema debe ser igual a la que se cede [23].

3. Determinar la incidencia del consumo de energía.

Este proceso se debe realizar a cada equipo o grupo de cargas para así identificar cuales poseen un consumo energético irregular o muy elevado [23].

4. Obtener índices del consumo de energía.

Estos índices permitirán evaluar si el consumo de energía es de acuerdo a los resultados obtenidos, es decir, determinar la eficiencia energética de las operaciones [23].

5. Determinar los potenciales ahorro de energía.

Mediante la inspección del lugar las oportunidades de ahorro de energía se determinan por equipos, áreas o centros de costo, mediante una evaluación técnica detallada [23].

En el sistema eléctrico se realiza por medio de la evaluación de la transformación y distribución, cargas eléctricas, generación propia.

6. Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.

Se refiere a seleccionar que tipo de medidas son las más apropiadas implementar, esto de acuerdo al lugar o entidad donde se realiza la auditoría energética [23].

7. Evaluación de los ahorros energéticos en términos económicos.

Mediante una evaluación económica se obtiene la inversión requerida para la implementación de las medias establecidas en la auditoria, así también como la viabilidad del proyecto [23].

8. Elaborar un informe.

En este escrito debe constar toda la información que se recolecto en el proceso de la auditoría, es decir los datos de consumo, facturación, índices energéticos, las medidas a implementarse, etc. Además, se debe incluir un programa que permita implementar todas las mejoras de manera ordenada y progresiva [23].

1.3.10 MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Son acciones que se realizan con el único objetivo de reducir el consumo de energía y por ende los costos, sin alterar el producto final. Para lo cual se tienen: medidas de carácter tecnológico, medidas para un consumo responsable y medidas instrumentales, las cuales se deben implantar simultáneamente.

1. Medidas de carácter tecnológico

Son aquellas que se centran en la sustitución de equipos antiguos por equipos de mayor eficiencia o en la incorporación de nuevas tecnologías que mejoran la eficiencia del sistema.

2. Medidas para un consumo responsable

Son medidas que tienen por fundamento el uso responsable de la energía, mediante la concientización de las personas, es decir, la introducción de una cultura de ahorro y cambio de hábitos.

3. Medidas instrumentales

Relacionadas con normativas económicas, fiscales y gestión de la energía. Estas medidas se plantean principalmente desde las administraciones públicas y tienen como destinatarios a los consumidores y productores de energía.

Estas medidas son aplicables tanto en la gestión de la oferta (Sector que genera la energía), como en la gestión de la demanda (Sector que consume la energía) [2].

A diferencia de las medidas de carácter tecnológico, las medidas para un consumo responsable y medidas instrumentales no necesitan inversión, por lo cual son las más factibles para ser implementadas [2].

1.3.11 OPORTUNIDADES DE AHORRO ENERGÉTICO EN HOTELES.

Debido a que el sector dedicado al turismo y hotelería posee una característica de consumo elevado y en muchos casos, poco racional, es un campo donde existe un gran potencial de ahorro energético, es decir, reducción de consumo y costos mediante la realización de mejoras tanto en generación de energía, como distribución y regulación [2].

En una instalación dedicada al turismo y hospedaje se puede ahorrar energía en los siguientes campos: Iluminación, Producción de Agua Caliente Sanitaria, Actividades de cocina y lavandería, Generación de la energía y energías renovables [26].

1.3.11.1 Medidas de ahorro en iluminación

El principal uso de la energía eléctrica es la iluminación, por lo tanto, en este sector se pueden generar grandes ahorros aplicando alguna de los siguientes tipos de medidas [2].

1. Medidas instrumentales y de uso responsable

- a. Utilización de la luz natural mediante la instalación de tragaluces, aunque este aspecto se ve limitado por el diseño original de la construcción.
- b. Pintar las paredes con colores claros y brillantes que reflejen el 80% de la luz incidente.
- c. Instalación de sensores que detecten la luz natural y permitan el apagado de luminarias de ciertas zonas.
- d. Para el caso de la iluminación exterior, programar su encendido y apagado para minimizar las horas de consumo.
- e. Instalación de detectores de presencia en zonas que se usan ocasionalmente.

2. Cambios tecnológicos

- a. Una de las maneras más prácticas de ahorrar energía en iluminación es sustituir las fuentes de iluminación antiguas por fuentes de iluminación más eficientes. Actualmente las que presentan mayor eficacia son las LED.

1.3.11.2 Medidas de ahorro en la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El uso de agua caliente resulta ser indispensable en instalaciones de hospedaje, ya que se usa para actividades de limpieza personal, lavado de platos, piscinas y en algunos casos limpieza doméstica [2].

1. Medidas instrumentales y de uso responsable

- a. Verificar un correcto aislamiento térmico de los depósitos y tuberías de agua caliente.
- b. Ajustar la temperatura de salida del agua caliente a una temperatura adecuada.
- c. Centralizar la producción de agua caliente.

2. Cambios tecnológicos

- a. Instalar dispositivos de ahorro de agua (regulación del caudal) ya que además de permitir una disminución en la factura de agua, representan un ahorro en la energía para calentarla.
- b. Instalar equipos de energía solar térmica tales como colectores solares.

1.3.11.3 Medidas de ahorro en actividades de cocina y lavandería

En las cocinas el consumo de energía eléctrica se ve asociado con el uso de equipos tales como: frigoríficos, microondas, licuadoras, extractores, entre otros. En el caso de lavanderías el consumo es debido a lavadoras, secadoras y equipos de planchado [2].

1. Medidas instrumentales y de uso responsable

- a. Mantener cerradas el mayor tiempo posible las puertas de los equipos de refrigeración.
- b. Utilizar los equipos para las cargas que están diseñados y no solo a media carga.
- c. Utilizar de ser posible la energía del sol para el secado de ropa.

2. Cambios tecnológicos

- a. Sustituir los equipos que no cumplan con normas de eficiencia energética (etiquetado energético).

1.3.12 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas proporcionadas por la naturaleza, que se producen de manera limpia, continua y son “inagotables”, entre las cuales se encuentran: biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas.

Hoy en día las energías renovables juegan un papel muy importante ya que ayudan a suplir cierto porcentaje de la demanda energética y conservan el medio ambiente, esto mediante la inclusión de energía solar fotovoltaica para la producción de electricidad y energía solar térmica para la generación de agua caliente sanitaria y piscinas [1] [2].

Ventajas

- No contaminan y son respetuosas con el medio ambiente
- Son seguras para salud ya que son fáciles de dismantelar y no generan residuos.
- Al generarse a partir de fuentes “inagotables” tienen un potencial prácticamente ilimitado para la generación de energía.
- Desarrollan la industria y la economía en la región en la que se instala, haciéndola más autónoma.

1.3.12.1 Radiación solar

Se refiere a la cantidad de energía que proporciona el sol en una determinada región, este aspecto es de suma importancia ya que es el combustible que permite el funcionamiento de las células fotovoltaicas para la generación de electricidad [16].

De acuerdo a la siguiente grafica se puede observar que las zonas ubicadas en latitudes ecuatoriales son las más favorecidas por la radiación solar. Estos niveles de irradiación expresados en $\frac{kWh}{m^2 \cdot día}$ se obtuvieron para el caso de una superficie inclinada óptima durante el peor mes del año [16], con lo cual se puede estimar en que partes del planeta son más factibles los proyectos solares.

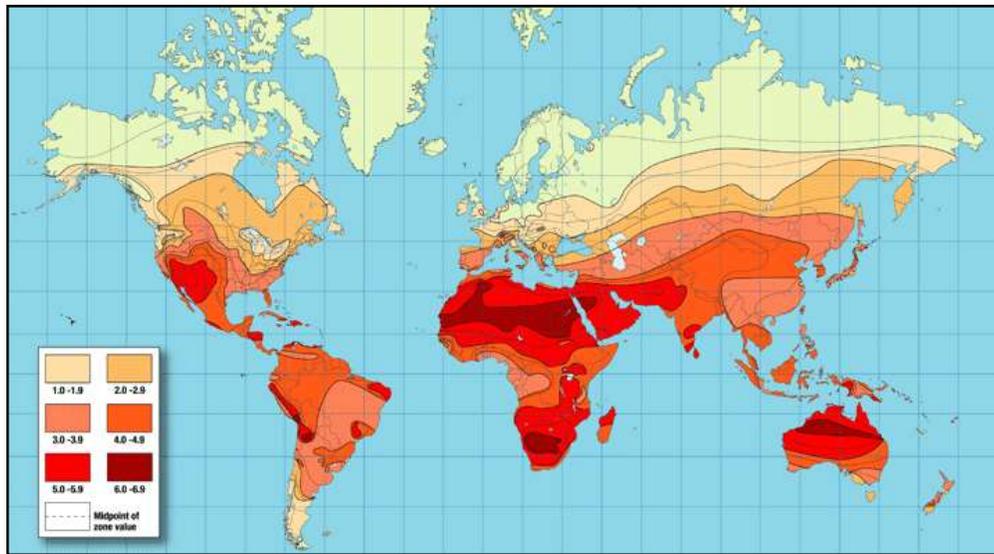


Figura 1.18. Irradiación solar en el mundo [16]

1.3.12.2 Captadores o colectores solares térmicos

Los captadores solares son equipos que absorben la energía del sol para elevar la temperatura de un fluido. Entre los elementos básicos que conforman un captador solar se encuentran: superficie absorbedora, circuito de fluido térmico, cubierta transparente, aislamiento térmico y caja [24].

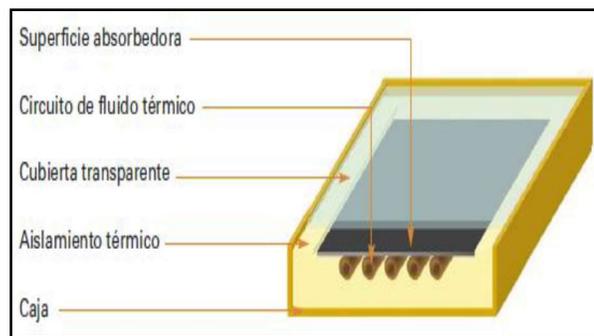


Figura 1.19. Partes de un captador solar [24]

La circulación del fluido a través del captador puede ser forzada mediante la utilización de una bomba o por termosifón (basada en la diferencia de densidades del líquido) [24].

Para obtener una circulación por termosifón satisfactoria el tanque de agua debe estar ubicada por encima del captador solar con un desnivel aproximado de 30 cm y así evitar la circulación inversa [24].

Tipos de captadores solares

Los principales aspectos por los que se diferencian los captadores solares son: el aislamiento térmico utilizado y el uso o no de concentradores para la adaptación de temperaturas. A continuación, se presentan los tipos de captadores y su aplicación sugerida [24].

- Captadores de tubo de vacío (Calentamiento de agua y producción de vapor)
- Captadores concentrados parabólicos (Calentamiento de agua y producción de vapor)
- Captadores planos con cubierta (Calentamiento de agua)
- Captadores planos sin cubierta (climatización de piscinas)

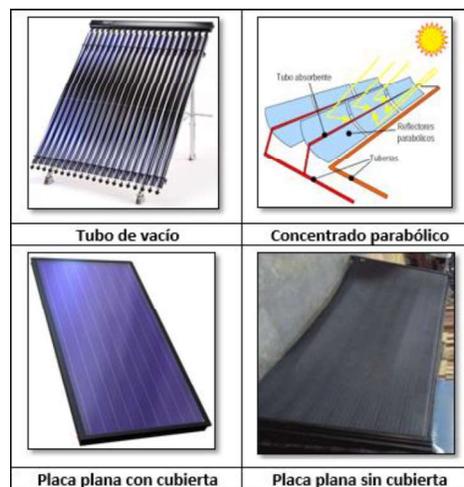


Figura 1.20. Tipos de captadores solares

Selección del captador solar

Para la selección del tipo de colector solar a utilizar es fundamental tomar en consideración las cualidades constructivas (durabilidad y posibilidad de integración arquitectónica) y las cualidades energéticas (rentabilidad económica); ambas características que al estar equilibradas logran un desempeño óptimo [25].

Los principales criterios para seleccionar un tipo de captador solar son los siguientes:

- La aplicación para la cual se requiere el equipo (solo ACS, solo calefacción, ACS y calefacción, climatización de piscinas, etc.)
- Las curvas de rendimiento de los modelos.
- La localización geográfica del lugar donde se va instalar el equipo (condiciones climáticas y niveles de radiación solar)

- La calidad y precio del equipo.
- La rentabilidad económica principalmente el aspecto relacionado con el tiempo de recuperación de la inversión.

1.3.12.3 Climatización de piscinas

Como aspecto principal se debe tener en cuenta que no es lo mismo calentar una piscina que se encuentra al aire libre que una cubierta, ya que el diseño de la instalación y el tiempo de uso son totalmente diferentes. [25]

Consecuentemente, la variabilidad de los parámetros climatológicos y atmosféricos hacen que el cálculo de las pérdidas de calor que se producen en una piscina descubierta sea muy laborioso, por lo cual se han desarrollado diferentes fórmulas y procedimientos empíricos que aproximan el área de colectores necesaria para compensar estas variables.

Método de cálculo para la superficie de colectores necesaria

Para este caso se utilizará el método de la superficie, el cual permite determinar el área de colectores requerida en base a ciertos coeficientes [25]:

a) Coeficiente de zona

Está relacionado con la ubicación geográfica del lugar, ya que dependiendo del lugar las condiciones climáticas y la incidencia solar varían considerablemente.

b) Coeficiente de viento

Tiene que ver con la presencia de arbustos o cercas sólidas en el perímetro de la piscina, es decir, el porcentaje de refugio que tiene la piscina ante la presencia de corrientes de aire.

c) Coeficiente de protección

Se refiere a la utilización o no de cubiertas térmicas en la piscina, ya que este accesorio permite conservar el calor del agua, además de evitar el ingreso residuos sólidos que contaminan la misma.

d) Coeficiente de clima

Este coeficiente depende del porcentaje de humedad relativa del lugar.

e) Coeficiente de inclinación

Este coeficiente se obtiene a partir de la latitud del lugar donde se instalarán los equipos y además permite obtener la inclinación óptima a la cual deben ser

instalados los colectores solares, para así aprovechar de mejor manera la incidencia solar.

Mediante la siguiente ecuación se obtiene el área total necesaria de captadores:

$$\text{Área Captadores} = \text{Sup. Piscina} * Kz * Kv * Kp * Kc * Ki \quad (1.11)$$

1.3.13 EQUIPO DE MEDICIÓN

Con el objetivo de tener una visión clara del estado del sistema eléctrico del campamento de la Fundación Nueva Vida, se realizarán pruebas y mediciones para obtener valores referenciales y compararlos con las normas vigentes; por lo cual se utilizarán los siguientes equipos.

1.3.13.1 Registrador de Calidad de Energía Eléctrica (Fluke 1744)

Instrumento portátil para la medición y registro de parámetros eléctricos.



Figura 1.21. Registrador de Calidad de Energía Eléctrica Fluke 1744 [26].

El instrumento registra los siguientes parámetros:

- Potencia
- Voltaje
- Corriente
- Factor de potencia
- Armónicos
- Flicker

A continuación, la figura siguiente se muestran los controles, indicadores y otras características del registrador.

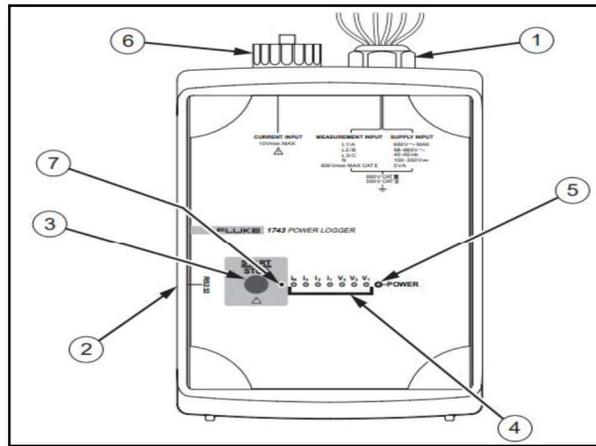


Figura 1.22. Partes del registrador Fluke 1744 [26].

- 1) Cables de alimentación y cables de prueba para la medición de la tensión de tres fases más neutro
- 2) Puerto de interfaz RS232.
- 3) START/STOP.
- 4) Indicadores LED de canales.
- 5) Indicador LED de estado de la alimentación.
- 6) Conector para juego flexible o pinzas amperimétricas.
- 7) Indicador LED de estado de registro.

1.3.13.2 Cámara Termográfica (FLIR E8)

Es una cámara que muestra en pantalla una imagen de la radiación calorífica que emite un cuerpo, dicha imagen tiene distintos colores que representan las diferentes temperaturas.



Figura 1.23. Cámara termográfica FLIR E8

1.3.13.3 Luxómetro

Instrumento que permite medir de manera simple y rápida la iluminancia (Lx) de un área determinada.



Figura 1.24. Luxómetro

1.3.13.4 Multímetro

Instrumento que permite medir distintos parámetros eléctricos, entre los más comunes se encuentran voltaje, corriente y resistencia. También se utiliza para verificar la continuidad de los conductores.



Figura 1.25. Multímetro FLD 5318B

2 DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPAMENTO DE LA FUNDACIÓN NUEVA VIDA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

2.1.1 ANTECEDENTES

La Fundación Nueva Vida, se creó en el año de 1973 bajo la inspiración de Otto y Lili Kladensky, migrantes checos, quienes años atrás tuvieron el sueño junto a sus hijos Georgina y Otto Kladensky, de fundar el Campamento Nueva Vida, con el propósito de establecer un lugar donde todos, puedan recrearse, capacitarse y sobre todo tener un contacto directo con la maravillosa creación.

El propósito fundamental de esta inspiración y que es la base principal de la Fundación Nueva Vida, es la de servir a Dios proclamando el evangelio del Señor Jesucristo, con la visión de ser facilitadores a la sociedad ecuatoriana, a través de proyectos sociales y de capacitación que ayuden a promover el desarrollo de las comunidades más necesitadas del país a través de diferentes áreas.

Entre los servicios con los que cuenta el lugar, se encuentran:

Tabla 2.1. Servicios del Campamento Nueva Vida

| Servicio | Descripción |
|----------------------------|--|
| Hospedaje | Cuenta con una capacidad de 450 camas en ubicación tipo campamento con 3 tipos de infraestructura (Cabañas suizas, Cabañas españolas y Hotel). |
| Alimentación | Staff gastronómico profesional. Comedor estilo "self-service". Se dispone de desayunos, refrigerios, almuerzos y cenas. Menaje necesario para que sus eventos sean fenomenales. |
| Reuniones y Capacitaciones | Salas con distintas capacidades. Auditorio. |
| Recreación | Senderos ecológicos, canchas deportivas, piscina, lago con puerto (Kayac) y áreas Infantiles. |

2.1.2 UBICACIÓN

El Campamento de la Fundación Nueva Vida se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha, Valle de los Chillos - Parroquia La Merced, Calle Jordan, diagonal al estadio de La Merced, Barrio Curiquingue Oe2-352.



Figura 2.1. Ubicación del Campamento Nueva Vida

2.1.3 INFRAESTRUCTURA

El Campamento de la Fundación Nueva Vida cuenta con un área de 73390 m^2 , de las cuales 4370 m^2 son construcción y el restante áreas verdes. En la Figura 2.2 se puede observar la distribución de todas las construcciones y áreas.



Figura 2.2. Distribución de áreas del Campamento Nueva Vida

2.2 LEVANTAMIENTO DE CARGA DEL CAMPAMENTO

Con el objetivo de conocer cada uno de los equipos que operan dentro de las instalaciones del campamento, su estado y funcionamiento; se realizó la inspección de todas las edificaciones obteniéndose el censo de carga que se presenta en el **ANEXO B** cuyo ejemplo se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Esquema del levantamiento de carga

| SECTOR | UBICACIÓN | CANT. | EQUIPO | POTENCIA UNITARIA [W] | POTENCIA TOTAL [W] |
|-----------|--------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Recepción | Sala Principal y Oficina | 5 | Tubo LED T8 doble | 36 | 180 |
| | | 1 | Tubo fluorescente T12 | 40 | 40 |
| | | 1 | Impresora | 100 | 100 |
| | | 1 | Computador portátil | 75 | 75 |
| | | 3 | Cargador Radios Motorola | 10.5 | 31.5 |
| | | 1 | Tubo fluorescente T12 | 20 | 20 |
| | Bodega | 1 | Tubo fluorescente T12 doble | 80 | 80 |
| | | 2 | Tubo fluorescente T12 | 40 | 80 |
| | | 1 | Tubo fluorescente T12 | 20 | 20 |
| | Exterior | 2 | Foco Led | 12 | 24 |
| | | 1 | Foco ahorrador | 20 | 20 |

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LA CARGA INSTALADA POR GRUPOS

Con el objetivo de identificar los equipos o electrodomésticos instalados que presentan un mayor impacto en cuanto al consumo de energía y gasto económico se refiere, se efectuó su agrupación de acuerdo al lugar donde están ubicados y su función.

A continuación, en la Figura 2.3. se presenta la agrupación mencionada.

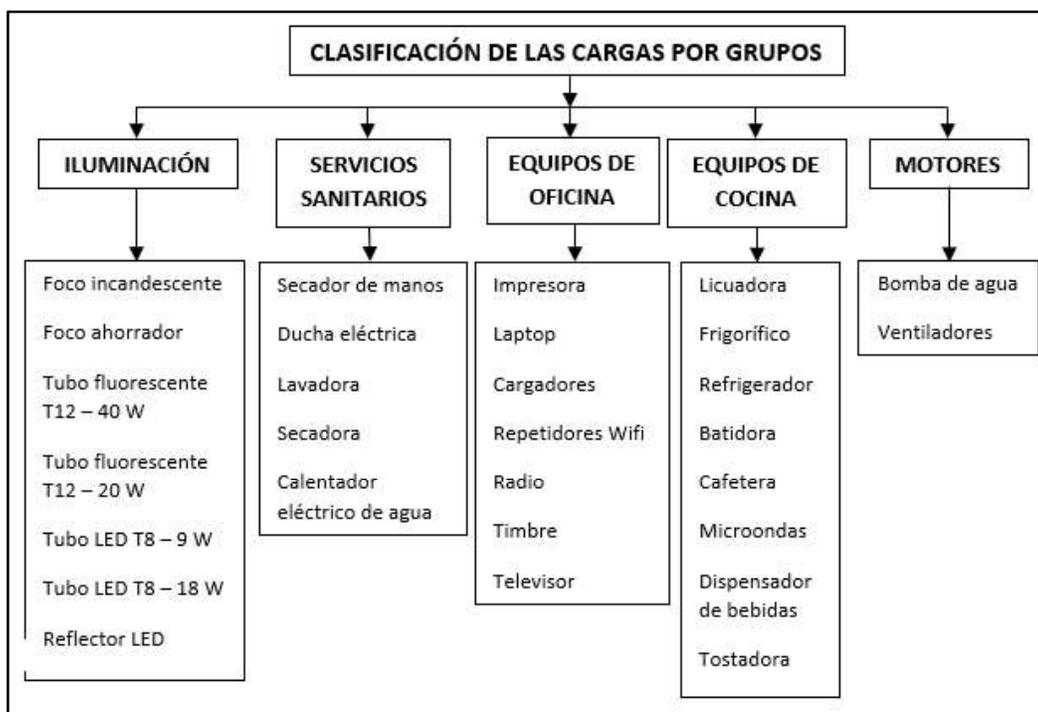


Figura 2.3. Clasificación de las cargas por grupos

2.2.2 POTENCIA INSTALADA POR GRUPOS

A continuación, se presenta a la potencia instalada que aporta cada grupo en relación al total, para así determinar cuál de los grupos incide con mayor impacto.

Tabla 2.3. Potencia instalada por grupos

| GRUPO | Potencia Instalada [kW] | Potencia Instalada [%] |
|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Iluminación | 17.44 | 5.71 |
| Servicios Sanitarios | 263.50 | 86.27 |
| Equipos de Oficina | 2.44 | 0.80 |
| Equipos de Cocina | 11.07 | 3.62 |
| Motores | 11.00 | 3.60 |
| TOTAL | 305.45 | 100.00 |



Figura 2.4. Potencia instalada por grupos

Por último, en la Tabla 2.4. se detalla la potencia instalada por grupos en cada una de las edificaciones y se determina la concentración de carga instalada en porcentaje.

Tabla 2.4. Potencia instalada por grupos de cada edificación

| LUGAR | TOTAL [W] | ILUMINACION [W] | SERVICIOS SANITARIOS [W] | EQUIPOS DE OFICINA [W] | EQUIPOS DE COCINA [W] | MOTORES [W] |
|---------------------|---------------|-----------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| CABAÑAS SUIZAS | 90717 | 2717 | 88000 | ----- | ----- | ----- |
| AUDITORIO | 5222 | 922 | 3600 | 700 | ----- | ----- |
| CASA AGAPE | 3561 | 561 | 3000 | ----- | ----- | ----- |
| HOTEL | 9033 | 2533 | 6500 | ----- | ----- | ----- |
| PISCINA | 40720 | 260 | 33000 | ----- | ----- | 7460 |
| CABAÑAS ESPAÑOLAS | 94639 | 1339 | 93300 | ----- | ----- | ----- |
| BAR | 2100 | 240 | 1800 | ----- | 60 | ----- |
| AULAS | 785.5 | 758 | ----- | 27.5 | ----- | ----- |
| LAVANDERÍA | 17083 | 1083 | 14500 | ----- | 1500 | ----- |
| CAPILLA | 354.5 | 354.5 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| COCINA | 15208.5 | 3331 | 3600 | 10 | 7339 | 928.5 |
| RECEPCIÓN | 670.5 | 464 | ----- | 206.5 | ----- | ----- |
| EXTERIORES | 5061 | 2400 | ----- | 50 | ----- | 2611 |
| CASA ADMINISTRADORA | 20298 | 478 | 16200 | 1448 | 2172 | ----- |
| TOTAL [kW] | 305.45 | 17.44 | 263.50 | 2.44 | 11.07 | 11.00 |

2.3 SITUACIÓN ACTUAL

2.3.1 EL TRANSFORMADOR

El transformador que alimenta a todas las locaciones del Campamento es monofásico convencional, está ubicado en torre y tiene una capacidad de 37.5 kVA. Debe mencionarse que este equipo tiene ya en funcionamiento aproximadamente 45 años, en los cuales no se le ha realizado mantenimiento alguno, ni un estudio que permita conocer si su capacidad es la adecuada considerando el aumento de carga que ha existido en los últimos años.



Figura 2.5. Transformador de distribución del Campamento Nueva Vida

Tabla 2.5. Datos del transformador

| | |
|-------------------|------------------------|
| Montaje | Centro de Trans. Aéreo |
| Marca | UTEA |
| Fases | 1 |
| Potencia [kVA] | 37.5 |
| Voltaje en MV [V] | 22860 |
| Voltaje en BV [V] | 240/120 |
| Impedancia [%] | 1.9 |
| Subestación | 27(E.E.Q./San Rafael) |
| Primario | DQTA - 27A |

Con la participación del personal operativo de la EEQ se efectuaron pruebas al equipo cuyo resultado se presenta en el **ANEXO C**, y de los cuales se resumen los siguientes detalles más importantes.

- El aceite presenta una coloración negra.
- Nivel de aceite bajo.
- Existen signos de sobrecarga (coloración amarilla del tanque).

A causa de las limitaciones del lugar y la ubicación del transformador, solamente se realizaron las siguientes pruebas de rutina:

- Medición de las resistencias de los devanados.
- Medición de la relación de transformación.
- Medición de la resistencia de aislamiento.
- Prueba colorimétrica para detección de PCB's (Bifenilos Policlorados).

De las pruebas realizadas por parte del Laboratorio de Transformadores de la E.E.Q., se identifican las siguientes novedades y recomendaciones.

Novedades

- El transformador ya cumplió su vida útil.
- Se encuentra sobrecargado.
- Tiene cambiador de tap interno y queda operativo en la quinta posición.
- Posterior a la prueba cualitativa colorimétrica se determina que contiene PCB's.

Recomendaciones

- Es necesario el cambio del transformador por uno de mayor capacidad.

2.3.2 CONTADORES DE ENERGÍA Y TABLERO PRINCIPAL

Se encuentran ubicados en la parte baja de la torre que sostiene al transformador y su acceso está protegido por una pequeña puerta metálica, donde los medidores y protecciones son muy antiguos. Cuenta con 3 contadores de energía de los cuales se puede indicar lo siguiente:



Figura 2.6. Contadores de energía y tablero principal

- Debido al paso del tiempo y el mal dimensionamiento se observa un daño considerable en las protecciones. (protecciones derretidas)
- Los contactos presentan signos de oxidación y quemaduras.
- Los cables se encuentran todos mezclados y no se respeta el código de colores.
- No existe la identificación de que alimenta cada circuito.

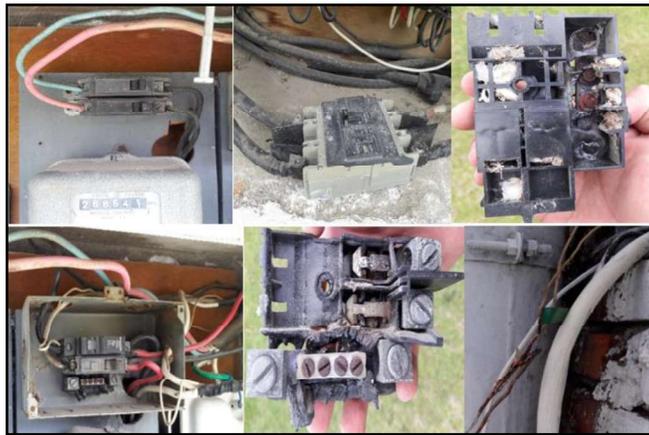


Figura 2.7. Hallazgos encontrados en los contadores de energía

2.3.3 CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LAS EDIFICACIONES

En esta sección se realizará una descripción de cada una de las construcciones, la utilización que se le da y los diferentes problemas que presentan en cuanto al estado de tomacorrientes, interruptores, protecciones y salidas de iluminación se refiere.

Cabe destacar que el Campamento Nueva Vida no posee planos eléctricos de ninguna de sus instalaciones, por lo cual con el objetivo de tener una referencia de las mismas se realizó planos individuales de la situación actual de cada edificación. Estos planos se presentan en el **ANEXO D**.

2.3.3.1 Hotel

Con una capacidad de alojamiento para 45 personas, cuenta con 12 habitaciones simples, 3 habitaciones matrimoniales y la cafetería.



Figura 2.8. Hotel

Hallazgos

- A pesar de tener tomacorrientes de 3 terminales no existe presencia del conductor a tierra.
- Existen tomacorrientes obsoletos, es decir solamente 2 terminales.
- En la planta alta la mayoría de tomacorrientes se encuentran a nivel del suelo.
- Los circuitos de fuerza e iluminación no están separados.
- Existen daños en los tomacorrientes debido a calentamientos. (Habitación 103)
- Existen empalmes sin aislar correctamente. (Habitación 205)
- Algunos tomacorrientes se encuentran sin energía. (Habitación 105)
- Los calentadores eléctricos de agua son antiguos.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.9. Hallazgos encontrados en el Hotel

2.3.3.2 Cabañas Suizas

Cuenta con una capacidad para 26 personas por cabaña, principalmente son utilizadas para dormir y actividades de aseo personal. Existen un total de 8 cabañas de este tipo.



Figura 2.10. Cabaña Suiza

Hallazgos

- Los tubos fluorescentes T12 no tienen un encendido inmediato.
- Los tubos fluorescentes no están fijos en el zócalo.
- Algunos interruptores presentan un difícil acceso.
- Existen tomacorrientes con presencia de quemaduras.
- Existían 3 tubos fluorescentes que ya no funcionaban.
- 2 Interruptores no se encontraban empotrados a la pared.
- No existe conductor de tierra.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.11. Hallazgos encontrados en las Cabañas Suizas

2.3.3.3 Cabañas Españolas

Existen 4 construcciones de este tipo y cada cuenta con una capacidad para 32 personas. Al igual que las cabañas suizas son utilizadas para dormir y actividades de aseo personal.



Figura 2.12. Cabaña Española

Hallazgos

- Existe la presencia de interruptores obsoletos dando un aspecto antiguo.
- La cabaña Perú (Lado 1) tiene un problema de mala conexión en iluminación, ya que un foco tiene dependencia al momento de su encendido.
- No existe conductor de tierra.
- En los interruptores termomagnéticos de las duchas eléctricas se observan signos de calentamiento.
- Al encender las duchas eléctricas se tienen caídas de voltaje considerables.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.13. Hallazgos encontrados en las Cabañas Españolas

2.3.3.4 Cabaña Canadá

Es una cabaña de estilo departamento, cuenta con cocina, sala, 2 dormitorios y 2 baños. Está diseñada para alojar 5 personas.



Figura 2.14. Cabaña Canadá

Hallazgos

- El calentador eléctrico de agua es muy antiguo.
- No existe conductor de tierra.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.15. Hallazgos encontrados en la Cabaña Canadá

2.3.3.5 Casa Agape

Esta construcción adicionalmente a los dormitorios, servicios sanitarios y duchas, cuenta con una sala de reunión amplia. Tiene una capacidad de alojamiento para 38 personas.



Figura 2.16. Casa Agape

Hallazgos

- En la sala de reunión existen 2 focos quemados.
- El calentador eléctrico de agua es muy antiguo.
- No existe conductor de tierra.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.17. Hallazgos encontrados en Casa Agape

2.3.3.6 Aulas

Esta edificación cuenta Aulas de trabajo de diferente tamaño y se usan para dictar charlas, reuniones y capacitaciones.



Figura 2.18. Aulas

Hallazgos

- Las tapas de algunos tomacorrientes se encontraban flojas.
- Los tubos fluorescentes no se mantienen fijos en el zócalo.
- No existe conductor de tierra.
- Existen empalmes sin aislar.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.19. Hallazgos encontrados en las Aulas

2.3.3.7 Lavandería

Este bloque está compuesto por la lavandería, ama de llaves, 2 salas de reunión, servicios sanitarios y duchas públicas



Figura 2.20. Área de lavandería

Hallazgos

- En las salas de reunión existen 3 tomacorrientes de 2 terminales.
- Los calentadores eléctricos de las duchas públicas son muy antiguos.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.21. Hallazgos encontrados en el área de lavandería

2.3.3.8 Capilla

Se usa única y exclusivamente para actividades de carácter religioso.



Figura 2.22. Capilla

Hallazgos

- Existen puntos de iluminación que están deshabilitados pero que su cableado no ha sido retirado.
- No existe conductor de tierra.

2.3.3.9 Auditorio

Posee un área útil aproximada de 335 m², se usa principalmente para actividades relacionadas a presentaciones artísticas, programas estudiantiles y capacitaciones.



Figura 2.23. Auditorio

Hallazgos

- El centro de carga se encuentra sin la tapa de protección, por lo cual presenta una considerable acumulación de polvo.
- No existe conductor de tierra.
- Los puntos de luz de la iluminación exterior se encuentran ubicados demasiado alto.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.24. Hallazgos encontrados en el Auditorio

2.3.3.10 Cocina – Comedor

En este bloque se encuentran la cocina, bodega de alimentos, y 3 comedores amplios. Aquí se presenta uno de los consumos más regulares ya que es prácticamente independiente del número de visitantes.



Figura 2.25. Cocina y Comedor

Hallazgos

- El comedor 3 tiene un número considerable de luminarias quemadas.
- 2 de los 3 frigoríficos utilizados en el lugar son antiguos (No poseen el etiquetado energético).
- No existe conductor de tierra.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.



Figura 2.26. Hallazgos encontrados en la Cocina

2.3.3.11 Recepción

En esta construcción se realizan actividades de oficina, atención al cliente y préstamo de equipos.



Figura 2.27. Recepción

Hallazgos

- Al ser una construcción que en un inicio iba a ser una bodega, el uso de extensiones es muy común.
- No existe conductor de tierra.



Figura 2.28. Hallazgos encontrados en la Recepción

2.3.3.12 Casa de la administración

Esta construcción es de uso exclusivo de la Administración, es muy completa en cuanto espacio, posee comedor, cocina, sala y 3 dormitorios con baño y ducha cada uno.



Figura 2.29. Casa de la Administración

Hallazgos

- En un inicio esta construcción no fue diseñada para la vida cotidiana de una familia, por lo cual se le han hecho varias adecuaciones, obteniéndose así el uso excesivo de extensiones.
- No existe conductor de tierra.

2.3.3.13 Piscina

Utilizado principalmente para actividades de recreación, el sector de la piscina abarca el cuarto de máquinas donde se encuentra la bomba para la limpieza de la piscina y los vestidores.



Figura 2.30. Piscina del Campamento Nueva Vida

Hallazgos

- El tablero que alimenta el cuarto de máquinas se encuentra en muy mal estado, presentando oxidación y partes quemadas.
- En los vestidores al incluir duchas eléctricas no se realizó la sustitución del conductor que alimenta toda esa zona, por tal razón se produjo un sobrecalentamiento y cortocircuito que dejó graves daños.
- El aislamiento del conductor presenta símbolos de sobrecalentamiento.
- No existe conductor de tierra.

En la figura siguiente se muestran imágenes de los hallazgos mencionados.

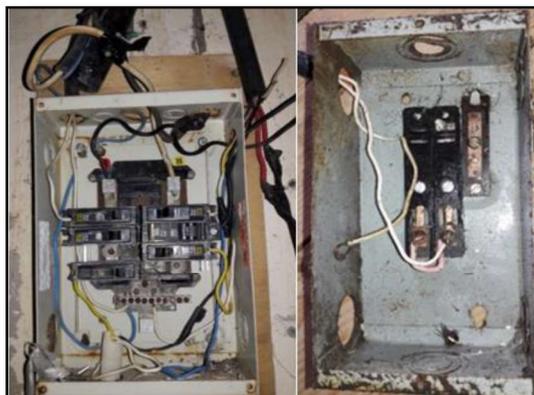


Figura 2.31. Hallazgos encontrados en el área de la piscina

Actualmente la piscina solo cuenta con agua fría, ya que anteriormente para calentarla una solo vez eran necesarios aproximadamente 7 tanques de gas.

2.3.3.14 Resumen de hallazgos en edificaciones

Como aspectos generales se tienen los siguientes:

- Ninguna de las edificaciones posee el conductor a tierra, la única excepción se da en la lavandería ya que allí se utiliza equipos de lavado y secado.
- La mayoría de las edificaciones no respetan los colores correspondientes a fase, neutro y tierra de acuerdo a la norma.

Tabla 2.6. Principales hallazgos de las edificaciones

| Edificación | Principales hallazgos |
|--------------|---|
| Hotel | Los circuitos de iluminación y fuerza no están separados. |
| | Calentadores eléctricos de agua muy antiguos. |
| | Presencia de calentamiento en tomacorrientes. |
| C. Suizas | Problemas con el encendido inmediato de las lámparas. |
| | El zócalo de las luminarias se encuentra muy deteriorado. |
| | Presencia de calentamiento en tomacorrientes. |
| C. Españolas | Caídas de voltajes considerables. |
| | Presencia de quemaduras en los interruptores termomagnéticos de las duchas. |
| C. Canadá | Calentador eléctrico de agua muy antiguo. |

| Edificación | Principales hallazgos |
|--------------------|---|
| Casa Agape | Calentador eléctrico de agua muy antiguo. |
| | Presencia de tomacorrientes obsoletos |
| Aulas | El zócalo de las luminarias se encuentra muy deteriorado. |
| | Ausencia de cinta aislante en empalmes. |
| Lavandería | Calentadores eléctricos de agua muy antiguos. |
| | Tomacorrientes obsoletos. |
| Capilla | Presencia de cableado no utilizado. |
| Auditorio | La altura de suspensión de las luminarias exteriores es exagerado. |
| | Considerable acumulación de polvo en el centro de carga. |
| Cocina - Comedor | Necesidad de mantenimiento en luminarias. |
| | Equipos de refrigeración muy antiguos, no poseen etiquetado energético. |
| Recepción | Uso excesivo de extensiones. |
| C. Administradora | Uso excesivo de extensiones. |
| Piscina | El centro de carga presenta oxidación y sulfatación de la parte conductora. |
| | Mal dimensionamiento del cableado que alimenta los vestidores. |
| | El aislamiento del conductor que alimenta a la bomba de la piscina presenta signos de sobrecalentamiento. |

2.3.4 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Con el objetivo de verificar si los niveles de iluminación son los adecuados; mediante un luxómetro se tomó medidas de iluminancia de cada una de las principales locaciones, obteniéndose los siguientes resultados. [27]

Tabla 2.7. Niveles de iluminación del Campamento Nueva Vida

| Sector | Ubicación | Nivel de iluminación [Lux] | | | Verificación |
|-----------|-----------|----------------------------|--------|-------------|--------------|
| | | Medido | Mínimo | Recomendado | |
| Recepción | Recepción | 220 | 200 | 300 | SI CUMPLE |
| | Oficina | 250 | 200 | 300 | SI CUMPLE |
| | Baño | 120 | 50 | 100 | SI CUMPLE |

| Sector | Ubicación | Nivel de iluminación [Lux] | | | Verificación |
|------------------|---------------------|----------------------------|--------|-------------|--------------|
| | | Medido | Mínimo | Recomendado | |
| Cocina - Comedor | Cocina | 160 | 100 | 200 | SI CUMPLE |
| | Bodega de recepción | 43 | 50 | 200 | NO CUMPLE |
| | Bodega | 44 | 50 | 200 | NO CUMPLE |
| | Lavado de vajilla | 250 | 100 | 200 | SI CUMPLE |
| | Servicio de comida | 220 | 100 | 200 | SI CUMPLE |
| | Comedor 1 | 154 | 100 | 300 | SI CUMPLE |
| | Comedor 2 | 195 | 100 | 300 | SI CUMPLE |
| | Baños | 135 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| | Pasillo-Baños | 88 | 50 | 70 | SI CUMPLE |
| | Comedor 3 | 60 | 100 | 300 | NO CUMPLE |
| C. Españolas | Dormitorio | 35 | 50 | 200 | NO CUMPLE |
| | Pasillos | 66 | 50 | 70 | SI CUMPLE |
| | Espejo | 275 | 200 | 500 | SI CUMPLE |
| | Baño | 32 | 50 | 100 | NO CUMPLE |
| Lavandería | Lavandería | 125 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Ama de llaves | 130 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Sala 1 | 238 | 200 | 500 | SI CUMPLE |
| | Sala 2 | 148 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| | Baños | 89 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| | Duchas | 53 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| Aulas | Aula 3 | 80 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| | Aula 5 | 58 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| | Aula 6 | 215 | 200 | 500 | SI CUMPLE |
| | Salas de reunión 2 | 235 | 200 | 500 | SI CUMPLE |
| | Sala de Emergencias | 104 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| C. Suizas | Dormitorio | 58 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Espejo | 220 | 200 | 500 | SI CUMPLE |
| | Baño | 140 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| Hotel | Dormitorio | 38 | 50 | 200 | NO CUMPLE |
| | Puntos de Lectura | 478 | 300 | 500 | SI CUMPLE |
| | Closet | 53 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Espejo | 200 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| | Baño | 70 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| Auditorio | Escenario | 75 | 200 | 500 | NO CUMPLE |
| | Asientos | 40 | 100 | 200 | NO CUMPLE |
| | Baños | 54 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| | Pasillo | 70 | 50 | 70 | SI CUMPLE |
| Casa Agape | Dormitorio 1 | 68 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Dormitorio 2 | 109 | 50 | 200 | SI CUMPLE |
| | Baños | 109 | 50 | 100 | SI CUMPLE |
| | Sala de reunión | 216 | 200 | 500 | SI CUMPLE |

De las mediciones realizadas se puede observar que existen sectores en donde los niveles de iluminación no son los adecuados, por tal motivo se tendrá que realizar un rediseño del sistema iluminación de los mismos.

2.3.5 CENTROS DE CARGA

Existe un centro en de carga en cada una de las edificaciones del campamento y en general los mismos, se encuentran con una considerable acumulación de polvo, algunos presentan signos de calentamiento, corrosión y oxidación.

Debido a la presencia de dichos problemas se realizó la prueba termográfica a los centros de carga principal y el interruptor termomagnético de la bomba de la piscina, lugares en donde la presencia de calentamiento es más notoria.



Figura 2.32. Termografía del centro de carga principal



Figura 2.33. Termografía del termomagnético de la piscina.

En este caso se realizó la prueba termográfica a los conductores que alimentan al contador de energía que mayor consumo registra, ya que este es el que abarca un mayor porcentaje de la carga instalada.



Figura 2.35. Termografía de los conductores de acometida



Figura 2.36. Termografía de los conductores del contador de energía principal

De acuerdo a los criterios de la norma ANSI/NETA ATS-2009 se tuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.9. Resultados de la termografía de los conductores principales

| Elemento | $\Delta T O/S$ | Acción recomendada |
|---|----------------|--|
| Conductor de la acometida | 7.8 | Sustituir en la próxima parada disponible. |
| Conductor de salida del contador de energía | 5.7 | Sustituir en la próxima parada disponible. |

El informe de la termografía realizada se encuentra en el **ANEXO E**.

En relación a los conductores que ingresan a cada una de las edificaciones se obtuvieron los siguientes hallazgos:

- Ninguna de las edificaciones respeta los colores normativos de los conductores.
- En algunas edificaciones el calibre del conductor utilizado no es acorde a la carga que maneja.
- Existen empalmes flojos y falsos contactos.
- En algunos casos existe presencia de sobrecalentamiento y quemaduras.

Por tales razones se concluye que es necesario redimensionar y sustituir el cableado de acometida de las siguientes edificaciones: cabañas suizas, cabañas españolas y piscina ya que los mismos presentan signos de sobrecalentamiento debido al aumento de carga proporcionado principalmente por la inclusión de duchas eléctricas.

2.3.7 PROTECCIONES ELÉCTRICAS (INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS)

De acuerdo a las inspecciones realizadas, se pudo observar un deterioro considerable en el aislamiento de los conductores de ciertas edificaciones, y esto se debe principalmente a 2 factores: El mal dimensionamiento del calibre del conductor y el mal dimensionamiento de la protección.

Se dice que un factor es el mal dimensionamiento de la protección eléctrica (interruptor automático), ya que la selección de este elemento se debe hacer siempre en base a la corriente de carga máxima y la corriente máxima que soporta el conductor.

En otras palabras, la corriente nominal de la protección (I_p) debe ser superior a la corriente de carga máxima (I_{Lmax}) pero inferior a la corriente máxima permitida para el circuito (I_C) (corriente máxima que soporta el conductor) [28].

$$I_{Lmax} < I_p \leq I_C \quad (2.1)$$

Para el caso de estudio, se pudo observar que en algunas edificaciones la corriente nominal de la protección era demasiado grande en comparación a la carga asociada al circuito y calibre del conductor; un caso en concreto es el que se presenta en las cabañas españolas, en donde con una protección de 63 A se desea proteger una carga que en promedio consume 50 A, pero el conductor utilizado es calibre 10 AWG el cual soporta como máximo 40 A, generándose así un sobrecalentamiento del mismo.

2.3.8 PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Como indica la normativa, el registrador de Calidad de Energía se instaló por un lapso de 7 días, período en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

2.3.8.1 Nivel de voltaje

En este caso las mediciones de los valores eficaces de voltaje no mostraron ninguna irregularidad manteniéndose entre los valores de tolerancia establecidos para sistemas de bajo voltaje rural ($\pm 10\%$ del voltaje nominal).

Tabla 2.10. Mediciones del nivel de voltaje

| Descripción del parámetro analizado | Promedio | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| Voltaje fase 1 | 125.42 | 127.82 | 122.36 |
| Voltaje fase 2 | 125.31 | 127.66 | 122.39 |

2.3.8.2 Flicker

Según indica la normativa, el flicker de corta duración no debe poseer valores mayores a la unidad (1) por lo cual se concluye que no existe perturbaciones de este tipo en las instalaciones.

Tabla 2.11. Mediciones del flicker de corta duración

| Descripción del parámetro analizado | Promedio | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| Flicker corta duración fase 1 | 0.32 | 0.84 | 0.00 |
| Flicker corta duración fase 2 | 0.33 | 0.93 | 0.00 |

2.3.8.3 Armónicos

De acuerdo a la normativa el porcentaje máximo de Distorsión Armónica Total (THD) en transformadores de distribución debe ser inferior al 8%. Conforme a la tabla se tiene que este parámetro si se encuentra dentro de los valores permitidos.

Tabla 2.12. Mediciones del THD

| Descripción del parámetro analizado | Promedio | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| THD fase 1 [%] | 2.14 | 3.54 | 1.55 |
| THD fase 2 [%] | 2.14 | 3.57 | 1.54 |

2.3.8.4 Factor de potencia

Para este parámetro el valor mínimo establecido por norma es 0.92, en este caso según indica la Tabla 2.13 ninguna de las fases ni el factor de potencia total cumple con la normativa, por lo cual es necesario determinar la compensación capacitiva que requiere el sistema.

Tabla 2.13. Mediciones del factor de potencia

| Descripción del parámetro analizado | Promedio | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| Factor de potencia fase 1 | 0.76 | 1.00 | 0.50 |
| Factor de potencia fase 2 | 0.79 | 1.00 | 0.57 |
| Factor de potencia total | 0.89 | 0.93 | 1.00 |

En el base a las mediciones registradas se obtuvo que de la fase 1 el 93.55 % de las mediciones estuvieron fuera de los límites permitidos mientras que para la fase 2 el 65.38% de las mediciones estuvieron fuera de los límites permitidos.

2.3.8.5 Corrientes

Por último, se tiene los valores de corriente presentes en el período de medición, en donde se puede observar que el sistema está prácticamente balanceado.

Tabla 2.14. Mediciones de la corriente

| Descripción del parámetro analizado | Promedio | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| Corriente fase 1 | 33.23 | 97.80 | 0.30 |
| Corriente fase 2 | 30.05 | 82.60 | 0.00 |

En el **ANEXO F** se encuentra el informe detallado del Análisis de Calidad de Energía Eléctrica.

2.4 EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

2.4.1 NÚMERO DE VISITANTES

Se debe tener en cuenta que en el campamento existen 2 tipos de clientes, los que utilizan instalaciones para hospedarse y los que solo las utilizan para pasar el día; por tal motivo se debería considerar que el consumo eléctrico se verá más influenciado por los que se queden a dormir. No obstante, existen ciertos clientes que utilizan las instalaciones solo

por un día para la realización de programas y eventos de entretenimiento, por lo cual durante ese lapso de tiempo se instalan equipos de gran consumo como son: carruseles, inflables, equipos de amplificación, congeladores, entre otros equipos.

En el año 2018 se registraron el siguiente número de visitantes en las instalaciones del campamento.

Tabla 2.15. Número de visitantes en el año 2018

| Mes | Visitantes | | |
|------------|------------|-------|-------|
| | Adultos | Niños | Total |
| Enero | 319 | 10 | 329 |
| Febrero | 1139 | 203 | 1342 |
| Marzo | 761 | 10 | 771 |
| Abril | 995 | 199 | 1194 |
| Mayo | 1192 | 11 | 1203 |
| Junio | 473 | 271 | 744 |
| Julio | 1254 | 267 | 1521 |
| Agosto | 2218 | 236 | 2454 |
| Septiembre | 464 | 30 | 494 |
| Octubre | 669 | 14 | 683 |
| Noviembre | 890 | 9 | 899 |
| Diciembre | 786 | 56 | 842 |

2.4.2 FACTURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La facturación del campamento se realiza mediante tres contadores de energía, y las tarifas que rigen este consumo son BTCGCD03 - BT Asistencia Social con Demanda para uno de los contadores y BTCGCD03 - BT Asistencia Social para los 2 restantes. El pliego tarifario correspondiente a enero-diciembre de 2018 se presenta en el **ANEXO G**.

Tarifa de Bajo Voltaje – Asistencia Social

Se aplica a los consumidores cuya potencia contratada o demanda facturable sea de hasta 10 kW [29].

Estos consumidores deben pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Cargos incrementales por energía expresados en USD/kWh, en función de la energía consumida.

Tabla 2.16. Valores de la tarifa de bajo voltaje – Asistencia Social [29]

| Rango de consumo [kWh] | Energía [USD/kWh] | Comercialización [USD] |
|------------------------|-------------------|------------------------|
| 1 - 100 | 0,045 | 1,414 |
| 101 - 200 | 0,048 | |
| 201 - 300 | 0,051 | |
| Mayor a 300 | 0,089 | |

Tarifa de Bajo Voltaje – Asistencia Social con demanda

Se aplica a los consumidores cuya potencia contratada (resultante del estudio o proyecto eléctrico aprobado por la distribuidora); o cuya demanda facturable, sea superior a 10 kW; y que disponen de un registrador de demanda máxima [29].

El consumidor debe pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia en USD/kW-mes, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

Tabla 2.17. Valores de la tarifa de bajo voltaje – Asistencia Social con demanda [29].

| Demanda [USD/kW-mes] | Energía [USD/kWh] | Comercialización [USD] |
|----------------------|-------------------|------------------------|
| 2,704 | 0,062 | 1,414 |

2.4.2.1 Facturación histórica

Esta información es de gran utilidad ya que permitirá proyectar una idea de la cantidad de energía que se consume mensualmente en las instalaciones del campamento.

En el **ANEXO H** se encuentran las planillas eléctricas correspondientes al período enero – agosto del 2018.

En función de la facturación eléctrica se tiene el siguiente resumen de consumo eléctrico para cada uno de los contadores de energía.

Tabla 2.18. Consumo eléctrico del Medidor Número 184

| Mes | Energía [kWh] | Demanda [kW] | Energía [USD] | Demanda [USD] | Comercialización [USD] | Terceros [USD] | Dto. [USD] | Total [USD] |
|------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|------------|-------------|
| Enero | 4720 | 7.2 | 292,64 | 19,47 | 1,414 | 50,19 | ----- | 363,71 |
| Febrero | 3281 | 7.2 | 203,42 | 19,47 | 1,414 | 35,85 | ----- | 260,15 |
| Marzo | 3093 | 7.2 | 191,77 | 19,47 | 1,414 | 35,25 | ----- | 247,90 |
| Abril | 3602 | 7.2 | 223,32 | 19,47 | 1,414 | 40,37 | ----- | 284,57 |
| Mayo | 3337 | 7.2 | 206,89 | 19,47 | 1,414 | 37,70 | ----- | 265,47 |
| Junio | 3197 | 7.2 | 198,21 | 19,47 | 1,414 | 36,29 | 1,05 | 254,33 |
| Julio | 2769 | 7.2 | 171,68 | 19,47 | 1,414 | 31,98 | ----- | 224,54 |
| Agosto | 3154 | 7.2 | 195,55 | 19,47 | 1,414 | 35,86 | ----- | 252,29 |
| Septiembre | 5016 | 7.2 | 310,99 | 19,47 | 1,414 | 54,63 | ----- | 386,50 |
| Octubre | 1835 | 7.2 | 113,77 | 19,47 | 1,414 | 22,56 | ----- | 157,21 |
| Noviembre | 5313 | 7.2 | 329,41 | 19,47 | 1,414 | 57,62 | ----- | 407,91 |
| Diciembre | 4531 | 7.2 | 280,92 | 19,47 | 1,414 | 39,11 | 40,37 | 300,54 |

Tabla 2.19. Consumo eléctrico del Medidor Número 11866

| Mes | Energía [kWh] | Energía [USD] | Comercialización [USD] | Terceros [USD] | Total [USD] |
|------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|-------------|
| Enero | 783 | 57,39 | 1,414 | 9,71 | 68,51 |
| Febrero | 271 | 12,92 | 1,414 | 2,30 | 16,63 |
| Marzo | 377 | 21,25 | 1,414 | 3,68 | 26,34 |
| Abril | 448 | 27,57 | 1,414 | 4,77 | 33,75 |
| Mayo | 330 | 17,07 | 1,414 | 2,96 | 21,44 |
| Junio | 335 | 17,52 | 1,414 | 3,04 | 21,97 |
| Julio | 354 | 19,21 | 1,414 | 3,33 | 23,95 |
| Agosto | 443 | 27,13 | 1,414 | 4,69 | 33,23 |
| Septiembre | 976 | 74,56 | 1,414 | 12,85 | 88,82 |
| Octubre | 753 | 54,72 | 1,414 | 9,44 | 65,57 |
| Noviembre | 696 | 49,64 | 1,414 | 8,58 | 59,63 |
| Diciembre | 467 | 29,26 | 1,414 | 5,06 | 35,73 |

Tabla 2.20. Consumo eléctrico del Medidor Número 106582

| Mes | Energía [kWh] | Energía [USD] | Comercialización [USD] | Terceros [USD] | Total [USD] |
|---------|---------------|---------------|------------------------|----------------|-------------|
| Enero | 1984 | 164,28 | 1,414 | 27,56 | 193,25 |
| Febrero | 1024 | 94,86 | 1,414 | 15,84 | 112,11 |
| Marzo | 1642 | 133,84 | 1,414 | 23,05 | 158,30 |
| Abril | 1552 | 125,83 | 1,414 | 21,86 | 149,10 |
| Mayo | 1507 | 121,82 | 1,414 | 20,99 | 144,22 |

| Mes | Energía [kWh] | Energía [USD] | Comercialización [USD] | Terceros [USD] | Total [USD] |
|------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|-------------|
| Junio | 1541 | 124,85 | 1,414 | 21,51 | 147,77 |
| Julio | 1588 | 129,03 | 1,414 | 22,23 | 152,67 |
| Agosto | 1767 | 144,96 | 1,414 | 24,97 | 171,34 |
| Septiembre | 2076 | 172,46 | 1,414 | 29,70 | 203,57 |
| Octubre | 1519 | 122,89 | 1,414 | 21,17 | 145,47 |
| Noviembre | 1872 | 154,31 | 1,414 | 26,61 | 182,33 |
| Diciembre | 1765 | 144,79 | 1,414 | 24,94 | 171,14 |

Por último, se presenta un resumen del dinero que se pagó por el servicio eléctrico en el período enero - diciembre del 2018.

Tabla 2.21. Pagos y consumo de energía 2018

| Mes | Total [USD] | Energía mensual [kWh] |
|--------------|-----------------|-----------------------|
| Enero | 625,47 | 7487 |
| Febrero | 388,89 | 4576 |
| Marzo | 432,54 | 5112 |
| Abril | 467,42 | 5602 |
| Mayo | 431,13 | 5174 |
| Junio | 424,07 | 5073 |
| Julio | 401,16 | 4711 |
| Agosto | 456,86 | 5364 |
| Septiembre | 678,89 | 8068 |
| Octubre | 368,25 | 4107 |
| Noviembre | 649,87 | 7881 |
| Diciembre | 507,41 | 6763 |
| TOTAL | 5.831,96 | 69918 |

En base a la tabla 2.21, se tiene un gasto total 5.831,96 [USD] en pagos de energía eléctrica y que el mayor consumo de energía se presenta en los meses de enero, septiembre, noviembre y diciembre como lo muestra la figura siguiente.

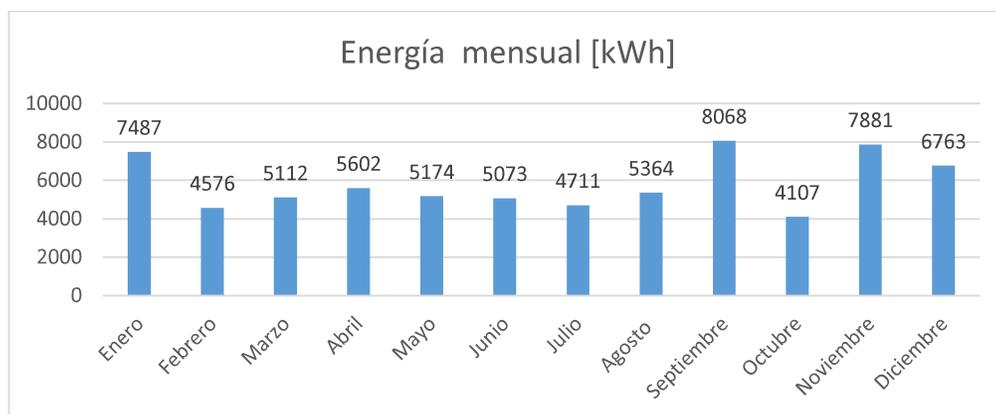


Figura 2.37. Consumo energético del año 2018

2.4.3 BALANCES DE ENERGÍA

Ya que este lugar es destinado al turismo y hospedaje, el consumo energético dependerá principalmente del número de visitantes que tenga el lugar, así también como del servicio que requieran; es decir, si solicitan hospedaje o si solo requieren el uso de las instalaciones para pasar el día.

No obstante, existen sectores en donde el consumo de energía es prácticamente regular debido a labores limpieza, vigilancia, alimentación del personal y bombeo de agua. Este es el caso de la Iluminación exterior de cada edificación, alumbrado público, limpieza de la piscina, casa de la administradora, recepción, casetas, cocina y algunos sectores de la lavandería.

Este consumo debe ser similar al obtenido en la facturación eléctrica; es decir, el valor de energía consumida debe ser acorde a las actividades que se realizan en el lugar; en caso contrario existen fugas energéticas en alguna parte del sistema eléctrico. Por tal motivo se realizará una aproximación del consumo que se da en las instalaciones a causa de las actividades antes mencionadas, y así verificar que no existen irregularidades entre la energía medida y la utilizada realmente.

Tabla 2.22. Aproximación del consumo de energía mensual por grupo

| Grupo | Energía [kWh/mes] |
|----------------------|-------------------|
| Iluminación | 1136,33 |
| Servicios sanitarios | 302,50 |
| Equipos de oficina | 76,25 |
| Equipos de cocina | 442,23 |
| Motores | 1503,19 |
| TOTAL | 3460,50 |

En el **ANEXO I** se presenta la información detallada a partir de la cual se obtuvo la Tabla 2.22.

Del proceso realizado, se tiene que en el campamento el consumo mínimo es de aproximadamente 3460.50 [kWh/mes], valor que si está acorde a los medidos por la empresa distribuidora y que se presentan en la tabla 2.21.

La diferencia que existe entre valor calculado y el medido se debe principalmente a la presencia de visitantes y grupos hospedados, ya que como una medida de ahorro en el campamento los calentadores eléctricos del hotel, duchas públicas y Casa Agape solo se energizan cuando existe la confirmación de clientes.

2.4.4 INCIDENCIA DEL CONSUMO

En la tabla 2.22 se pudo observar que los grupos que presentan un mayor impacto en el consumo de energía son los correspondientes a motores e iluminación, pero este consumo se calculó con la premisa de que se genera por la realización de labores exclusivas del personal del campamento, por tal razón el consumo relacionado con la ocupación de las habitaciones y el uso del comedor no está incluido.

Por otro lado, de acuerdo al levantamiento de carga y la clasificación de la mismo por grupos, se pudo observar que el grupo que posee mayor potencia instalada es el referente a servicios sanitarios, en donde se encuentran equipos tales como: secadores de manos, duchas eléctricas, secadoras domésticas, lavadoras domésticas y calentadores eléctricos de agua.

Tabla 2.23. Potencia instalada de los servicios sanitarios

| EQUIPO | POTENCIA INSTALADA [kW] | POTENCIA INSTALADA [%] |
|----------------------|--|---------------------------------------|
| Duchas eléctricas | 229,00 | 86,91 |
| Secador de manos | 10,80 | 4,10 |
| Calentador eléctrico | 17,50 | 6,64 |
| Secadora Doméstica | 5,00 | 1,90 |
| Lavadora Doméstica | 1,20 | 0,46 |
| TOTAL | 263,50 | 100,00 |

Dichos equipos son ampliamente utilizados cuando se encuentran hospedados visitantes y de acuerdo a la figura 2.38, la mayor cantidad de potencia instalada ingresa por parte de equipos para la producción de agua caliente sanitaria.

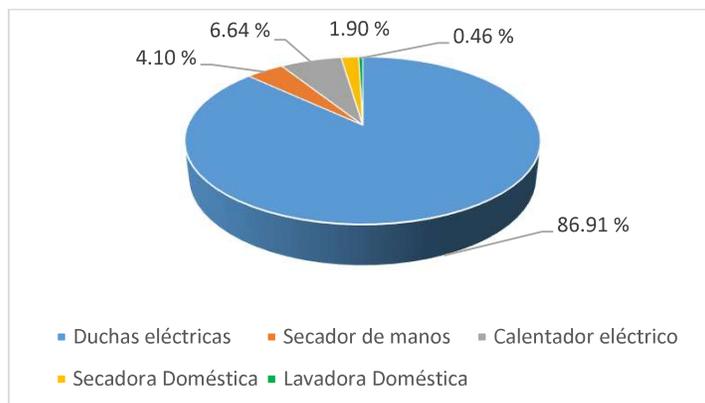


Figura 2.38. Equipos que conforman el grupo de Servicios Sanitarios

Por tales motivos el grupo de servicios sanitarios también sería unos de los que más contribuyen en el consumo ya que al estar ocupada una habitación, el consumo de energía se verá mayormente afectado cuando se utilicen los calentadores eléctricos o duchas eléctricas en comparación a cuando se utilice alguna fuente de iluminación.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICABLES

2.5.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En las instalaciones del Campamento se utilizan 3 tipos de tecnología para la iluminación: incandescente, fluorescente (Tubos y CFL) y LED, excluyendo las luminarias de vapor de sodio que son utilizadas para el alumbrado público y son facturadas al campamento.

Tabla 2.24. Potencia instalada de las tecnologías para iluminación

| TECNOLOGÍA | POTENCIA INSTALADA [kW] | POTENCIA INSTALADA [%] |
|----------------|-------------------------|------------------------|
| Fluorescente | 11,04 | 63,29 |
| Incandescente | 1,16 | 6,65 |
| LED | 2,84 | 16,30 |
| Vapor de Sodio | 2,40 | 13,76 |
| TOTAL | 17,44 | 100,00 |

En la Figura 2.39. se puede observar que existe un gran porcentaje en donde la tecnología LED puede ingresar, ya que en el campamento predomina la utilización de tecnología fluorescente.

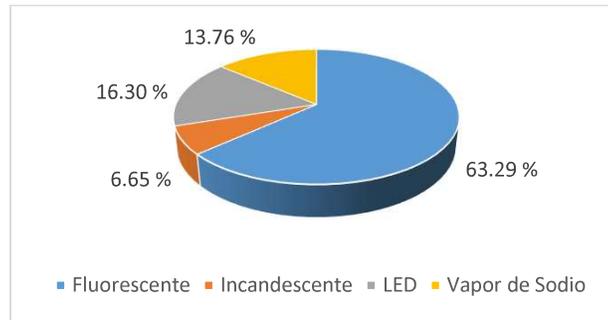


Figura 2.39. Porcentaje de incidencia de las tecnologías en iluminación

Las opciones que se toman a consideración para utilizar de manera eficiente la energía en iluminación son las siguientes:

- Aplicación profesional de la tecnología LED para iluminar el Auditorio, Cocina, comedor y aulas.
- Sustituir la tecnología fluorescente e incandescente por LED.
- Reemplazar la iluminación exterior por lámparas solares, esto debido a que la incidencia solar del lugar es alta y no presenta obstáculos que bloqueen la misma.
- Concientizar y habituar al personal que labora en las instalaciones a utilizar las luces solo cuando sea necesario.
- Instalar sensores de presencia principalmente en las bodegas.
- Limpiar más a menudo las luminarias para evitar la acumulación de polvo y suciedad.

2.5.2 CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

En relación a la figura 2.38 se pudo observar que la mayor parte de la carga instalada es representada por duchas eléctricas y calentadores eléctricos, equipos utilizados para el aseo personal.

En la actualidad existen varias alternativas para el calentamiento de agua como son los colectores solares (tubo de vacío, placa plana), bombas de calor, calentadores eléctricos sin tanque, entre otras tecnologías disponibles en el mercado.

Con el objetivo de reducir la potencia instalada y consumo debido a duchas eléctricas se analizó la posible instalación de las alternativas antes mencionadas, pero se tuvieron ciertas limitaciones.

En el caso de la utilización de colectores solares.

- Un equipo de 200 litros está diseñado para servir a una familia de 4 miembros con un tiempo promedio de baño de 10 a 15 minutos por miembro al día, lo cual nos es factible para una cabaña que tiene una capacidad máxima de 32 personas.
- La instalación del equipo requiere una estructura con buenas bases, ya que los colectores solares y el tanque de almacenamiento lleno, pueden llegar a pesar aproximadamente 500 kg, lo cual no resulta ser factible en una construcción que su tejado este hecho a base de madera.
- La inversión que requiere cada equipo oscila entre los 2000 a 3500 dólares, dependiendo de la tecnología que se vaya a utilizar para captar los rayos solares.

En el caso de las bombas de calor

- En lugares donde la demanda es variable no ofrecerá confort o lo hará a costa de un consumo elevado de energía.
- Por su tamaño considerable se convierte en un elemento antiestético en una instalación cuyo atractivo principal son los espacios verdes.
- La inversión inicial requerida para cada equipo rodea los 7000 a 8000 dólares.

En el caso de los calentadores eléctricos sin tanque.

- Un equipo sirve máximo a 2 puntos de agua lo cual no genera ningún cambio o beneficio en comparación con las duchas eléctricas ya instaladas.
- Al ser equipos de alta potencia, el conductor para alimentarlos debe ser de un mayor calibre.
- Es un equipo muy sensible a la presión y minerales presentes en el agua.
- Al ser un equipo diseñado para operar períodos cortos, utilizarlo por un tiempo prolongado reduce su vida útil.

Por tales razones las opciones que se toman a consideración para reducir el consumo energético en la producción de agua caliente sanitaria son las siguientes:

- En una primera instancia sustituir los calentadores eléctricos con tanque por unos más actuales, ya que hoy en día con la correcta ubicación del ánodo de magnesio, inclusión de resistencias anticalcáreas y aislamientos térmicos de alta densidad

(Espuma libre de CFC) permiten tener termo tanques que proveen mayor eficiencia, ahorro y prolongada vida útil.

- Ajustar la temperatura de salida del agua en las duchas eléctricas, ya que así se reduce su consumo eléctrico.
- Desenergizar los calentadores eléctricos con tanque cuando no existan clientes que ocupen esas instalaciones.
- Concientizar a los clientes para que el uso de las duchas no sea prolongado, para así ahorrar electricidad y agua.

2.5.3 CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA

Como ya se mencionó, actualmente el Campamento Nueva Vida no cuenta con agua caliente en su piscina ya que calentar la misma requería aproximadamente 7 tanques de gas y no se obtenía el resultado deseado.

Partiendo de esas premisas en primer lugar se verificará si es factible la implementación de colectores, esto mediante el cálculo de la superficie necesaria y comprobar si los aspectos arquitectónicos del lugar son favorables.

Para este caso en específico se obtendrá un cálculo aproximado, pero que nos permitirá obtener una idea del área total de colectores solares necesaria.

Datos:

Ubicación: Parroquia La Merced

Latitud: 0.27°

Tipo de piscina: descubierta

Superficie de la piscina: 310 m²

Selección de coeficientes:

K_z = Coeficiente de zona = 0,65

K_v = Coeficiente de viento = 1

K_p = Coeficiente de protección = 1

K_c = Coeficiente de clima = 1

K_i = Coeficiente de inclinación = 1,2

$$\text{Área captadores necesaria} = \text{Sup.piscina} * K_z * K_v * K_p * K_c * K_i \quad (2.2)$$

$$\text{Área captadores necesaria} = 310 * 0,65 * 1 * 1 * 1 * 1,2$$

$$\text{Área captadores necesaria} = 241,8 \text{ m}^2$$

Para este diseño se utilizará un colector solar de plástico de polipropileno, el cual es ideal para el calentamiento de piscinas descubiertas, ya que permite circular directamente el agua de la piscina sin afectarle la acción del cloro, alguicidas, salinidad, etc.

| Características Técnicas | |
|--|------------------------|
| Largo | 3 metros |
| Ancho | 1,2 metros |
| Grosor | 5,5 mm |
| Superficie | 3,6 m ² |
| Peso en vacío | 8 kg |
| Peso en lleno | 17 kg |
| Presión máxima | 1 bar |
| Flujo aprox. | 100 l/m ² h |
| Caudal aprox. | 360 l/h |
| Temperatura sin circulación aprox max | 80 °C |
| Resistencia a la circulación para 100 l/h m ² | 0.015 mm |

Figura 2.40. Características técnicas del colector solar seleccionado [30].

$$N^{\circ} \text{ captadores} = \frac{\text{Área captadores necesaria}}{\text{Área del captador seleccionado}} \quad (2.3)$$

$$N^{\circ} \text{ captadores} = \frac{241,8}{3,6} = 67$$

Con los cálculos realizados se pueden analizar los siguientes aspectos:

- En total serán necesarios 67 colectores solares cada con un precio estimado de 250,00 [USD] obteniéndose una inversión de \$16.750,00 [USD] solamente por la adquisición de los colectores, sin tomar en cuenta el montaje, termostato con display y la construcción de estructuras necesarias para el soporte de los equipos.
- El espacio que ocuparían los colectores solares ya instalados es muy significativo, lo cual podría generar problemas con las áreas aledañas destinadas a otras actividades.

- En el caso de realizar la inversión no se obtendría ningún beneficio económico ya que este proyecto está enfocado en mejorar aún más el confort del cliente.
- Actualmente la presencia de agua caliente en la piscina no es una prioridad ya que existen otros sectores que con una menor inversión ayudarían a reducir el consumo eléctrico y económico, tales como la iluminación con tecnología LED y sustitución de equipos de refrigeración.
- Para la circulación del fluido a través de los colectores solares será necesaria una bomba que en sí representa aumentar la carga y consumo de la instalación.

Por tales motivos la climatización de la piscina resulta no ser un aspecto importante a tratar por el momento, ya que no ayuda a reducir el consumo energético de la instalación y requiere mucho espacio para su instalación.

2.5.4 ACTIVIDADES DE COCINA Y LAVANDERÍA.

Las opciones que se toman a consideración para reducir el consumo energético en las actividades de cocina son:

- Reubicar los frigoríficos a lugares más ventilados y limpiar más a menudo la parte posterior de los mismos.
- Sustituir los frigoríficos y demás equipos que presenten un tiempo considerable de uso, por unos de mayor eficiencia presentes hoy en el mercado. De preferencia de clase energética A o mejor.

En el caso de las actividades de lavandería

- Utilizar la lavadora y secadora solo cuando sea necesario y el número de veces adecuada para un equipo doméstico.
- Utilizar ciclos de lavado y secado a plena carga, mas no sobrecargarlas ya que podrían generar un mayor consumo de energía y un mal desempeño del equipo en cuanto al resultado final.
- En caso de tener equipos de más de 10 años de uso, considerar la sustitución de los mismos.
- Revisar continuamente que los filtros estén limpios, para así evitar la reducción de la vida útil de estos equipos

2.5.5 MOTORES ELÉCTRICOS (MOTOBOMBA)

Entre los principales factores que afectan negativamente la eficiencia de este equipo se encuentran: rebobinado del motor, mantenimiento deficiente, alimentación con voltaje desbalanceado y alimentación con un voltaje diferente al nominal [31].

En el campamento nueva vida existen 3 motores eléctricos que permiten la circulación de agua a ciertos lugares del mismo, por lo que estos equipos deben estar en funcionamiento muchas horas al día; partiendo de este antecedente algunas formas de mantener la eficiencia de estos equipos para aprovechar la energía en este proceso de circulación del agua, se plantean las siguientes sugerencias [31]:

- Revisar continuamente las conexiones del motor.
- Verificar que el sistema de enfriamiento de los motores se encuentre en condiciones óptimas.
- Limpiar el motor periódicamente para evitar la acumulación de polvo, suciedad o presencia de objetos extraños.
- Implantar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo.

3 PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1 EL TRANSFORMADOR

Es de primera necesidad la sustitución del transformador, ya que al aumento de carga (principalmente duchas eléctricas) en los últimos años ha sido considerable.

Las acciones a tomarse son las siguiente:

- Se propone la instalación de un transformador monofásico convencional de 75 KV 22.8/13.2 kV – 240/120 V, el cual ha sido dimensionado en base a la carga instalada y el uso que se le da a la misma.
- Posterior a la instalación de un nuevo transformador, realizar un programa de mantenimiento continuo.
- Corregir los bajos factores de potencia mediante la instalación de compensación.

Las protecciones necesarias para un transformador de esta capacidad son las siguientes:

- Primario (corriente del primario = 5.68 A)
Seccionador: 27 kV
Tira fusible: 5H
Pararrayos: 17 -18 kV
- Secundario (corriente del secundario = 312.5)
Cartucho NH: NH x 250 A

El dimensionamiento de la capacidad del transformador y de las protecciones se realizó en base a la Norma para Sistemas de distribución – Parte A de la EEQ.

El cálculo de la capacidad del nuevo transformador se puede apreciar en el **ANEXO J**

3.2 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Como se pudo observar en el análisis de calidad de energía el factor de potencia promedio que se registró durante los 7 días de medición es de 0.89, incumpliendo con el 0.92 establecido en la norma del ARCONEL.

En base a la premisa anterior, se debe aclarar que durante los 7 días en que fueron realizadas las mediciones, el campamento tuvo aproximadamente un flujo de clientes entre 20% y 30% de su capacidad total, lo cual se traduce como demanda variable.

Por tal motivo es necesario instalar un banco de capacitores automático que permitirá minimizar el efecto de la variación de demanda, logrando así compensar los reactivos generados, conforme sea requerido.

Para la obtención de este rango de compensación se analizarán dos casos, el primero tomando en cuenta un consumo promedio mínimo y el segundo con un consumo promedio máximo aproximado, en el cual se considerará que ya está en funcionamiento el transformador de 75 kVA.

Por último, se define el valor de 0.95 como el factor de potencia deseado y se realizará el cálculo siguiente.

Demanda promedio mínima

Datos:

$$P_{promedio_mínima} = 6.57 \text{ kW}$$

$$f.p._1 = 0.89$$

$$f.p._2 = 0.95$$

Proceso:

$$f.p._1 = \cos \varphi_1 = 0.89$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.89) = 27.12^\circ$$

$$\tan(27.12^\circ) = \frac{Q_1}{P}$$

$$Q_1 = P * \tan(27.12^\circ)$$

$$Q_1 = 6570 * \tan(27.12^\circ) = 3364.9$$

$$Q_1 = 3.36 \text{ kVAR}$$

$$f.p._2 = \cos \varphi_2 = 0.95$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.19^\circ$$

$$\tan(18.19^\circ) = \frac{Q_2}{P}$$

$$Q_2 = P * \tan(18.19^\circ)$$

$$Q_2 = 20000 * \tan(18.19^\circ) = 2158.8$$

$$Q_2 = 2.16 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 3.36 - 2.16$$

$$Q_C = 1.2 \text{ kVAR}$$

Demanda promedio máxima

En este caso se asumirá una potencia promedio máxima de 30 kW, la cual se presentaría cuando las instalaciones del campamento estén ocupadas al 100%. Además, se debe considerar que al existir una mayor demanda el factor de potencia reducirá aún más su valor, debido a la inclusión de aparatos eléctricos que necesitan energía reactiva para su funcionamiento,

Datos:

$$P_{\text{promedio_máxima}} = 30 \text{ kW}$$

$$f.p._1 = 0.80$$

$$f.p._2 = 0.95$$

Proceso:

$$f.p._1 = \cos \varphi_1 = 0.80$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.80) = 36.87^\circ$$

$$\tan(36.87^\circ) = \frac{Q_1}{P}$$

$$Q_1 = P * \tan(36.87^\circ)$$

$$Q_1 = 30000 * \tan(36.87^\circ) = 22500.1$$

$$Q_1 = 22.5 \text{ kVAR}$$

$$f.p._2 = \cos \varphi_2 = 0.95$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.19^\circ$$

$$\tan(18.19^\circ) = \frac{Q_2}{P}$$

$$Q_2 = P * \tan(18.19^\circ)$$

$$Q_2 = 30000 * \tan(18.19^\circ) = 9857.7$$

$$Q_2 = 9.86 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 22.5 - 9.86$$

$$Q_C = 12.64 \text{ kVAR}$$

De acuerdo a los cálculos realizados, es necesario instalar un banco de capacitores automático, cuyo rango de compensación se encuentre entre 1,2 y 12,64 kVAR, para así mitigar el bajo factor de potencia que se presentan en las instalaciones.

En base a los requerimientos obtenidos se propone el siguiente diseño: la instalación de un banco de capacitores automático de 15 kVAR compuesto por 5 unidades de 2,7/3 kVAR (7,6 A – 220/230 V) [32], una protección principal 2P 50A – 220 V, una protección de 2P 10A – 220V para cada unidad de compensación y contactores para corrección del factor de potencia; todo esto dentro de una estructura metálica de 80cm de alto por 60cm de ancho y 60 cm de espesor. Una aproximación del diseño propuesto se muestra en la figura siguiente.

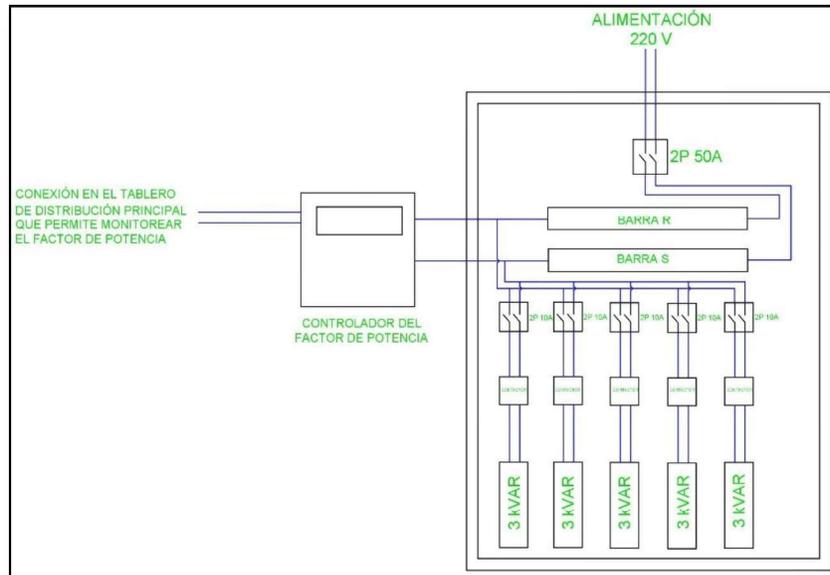


Figura 3.1. Esquema del banco de capacitores automático

3.3 CENTROS DE CARGA

Para este caso se sugiere construir un nuevo tablero de distribución principal, el cual alimentará a un solo contador de energía, esto principalmente para poder organizar de mejor manera los circuitos existentes y poder regir la facturación bajo una sola tarifa (Asistencia Social con Demanda).

$$I_{n_s} = \frac{75000}{240} = 312.5 A$$

Para el dimensionamiento del conductor de la acometida, se tomará como referencia la corriente nominal del lado secundario del transformador (312.5 A), la cual especifica que el conductor adecuado es el 3/0 AWG.

Se sugiere que en el nuevo tablero de distribución principal se incorporen 6 circuitos distribuidos según especifica la tabla siguiente, además de incluir 2 circuitos de reserva.

Tabla 3.1. Distribución de circuitos sugerida

| Circuito | Área de servicio |
|------------|--|
| Circuito 1 | Aulas, Cocina, Comedor, Capilla, Cabañas españolas, Cabaña Canadá, Lavandería, Casetas |
| Circuito 2 | Cabañas suizas, Hotel |
| Circuito 3 | Auditorio, Casa Agape |
| Circuito 4 | Cuarto de máquinas, |
| Circuito 5 | Vestidores de la piscina |
| Circuito 6 | Casa de la administradora |

Por último, se sugiere sustituir el centro de carga del cuarto de máquinas de la piscina, esto debido a la presencia de oxidación y sulfatos en la superficie conductora.

3.4 PUESTA A TIERRA

Al instalar un sistema de puesta a tierra principalmente se busca obtener lo siguiente:

- La seguridad personal: para equalizar los niveles de potencia que pueden inducir niveles peligrosos de voltaje ante la presencia de una descarga o falla eléctrica.
- La protección de las instalaciones: para proveer un camino específico cuando se produzcan corrientes de falla, además de proveer una referencia para las fuentes AC y DC.
- La compatibilidad electromagnética: para reducir el efecto de las perturbaciones provocadas por equipos eléctricos que funcionan en el lugar, tales como interferencia electromagnética, electricidad estática, interferencia de radiofrecuencia y transitorios espurios.

En el campamento se obtuvo un valor promedio de resistividad del suelo de 84 [Ω m], lo cual indica que el terreno es de tipo agrícola, fértil y arcilloso. De acuerdo a las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050, NTC 4552 se establece que para el neutro de acometida en bajo voltaje el valor máximo de resistencia de puesta a tierra debe ser 25 [Ω], por lo cual se realiza el cálculo siguiente.

$$R \leq 25$$

$$R = \frac{\rho}{nL}$$

$$n = \frac{\rho}{LR}$$

$$n = \frac{84 [\Omega m]}{1.8[m] * 25[\Omega]} = 1.87$$

$$n \approx 2$$

Tomando como referencia los criterios antes expuestos y el cálculo realizado, en cada una de las edificaciones se propone instalar 2 varillas tipo cooperweld de alta camada, 16mm (5/8") de diámetro y 1.80 m de longitud con conductor de cobre desnudo N° 8 AWG.

Para el caso del TDP se tendrá un neutro sólidamente puesto a tierra utilizando dos varillas cooperweld de alta camada 16mm (5/8”) de diámetro y 2.40 m de longitud con conductor de cobre desnudo N° 2 AWG.

Los conductores para los dos casos estarán soldados a las varillas utilizando soldas exotérmicas tipo cadwel de 90 gramos.

En caso de ser necesario se considerará el uso de GEM para mejorar la resistividad del suelo.

3.5 CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Como se mencionó anteriormente es necesario el redimensionamiento de los conductores de acometida de las siguientes edificaciones: cabañas suizas, cabañas españolas, cuarto de máquinas de la piscina y duchas de los vestidores. Para el caso de la red de bajo voltaje que se prolonga alrededor del campamento, se sugiere utilizar conductor 3/0 AWG, el cual permitirá reducir las caídas de voltaje. Las caídas de voltaje actuales y propuesta se presentan en el **ANEXO K**

Los valores utilizados para este cálculo se obtienen del levantamiento de carga y se considera además que por cada tomacorriente destinado para el uso del cliente se asumirá una potencia de 150 W.

Cabañas Suizas

En este caso la acometida principal desciende de circuito de bajo voltaje, llega a una caja de revisión en donde se divide en 2 para llegar a tableros secundarios que alimentan la construcción que se muestran en la Figura 2.10. El diseño propuesto es el siguiente:

Tabla 3.2. Cálculo de conductores y protecciones de la cabaña suiza

| | | | |
|--|--------------------------------|--------|---------|
| Conductor de acometida principal | Carga instalada total [kW] | 23,28 | |
| | Demanda máxima estimada [kW] | 11,40 | |
| | Corriente calculada [A] | 95 | |
| | Calibre conductor seleccionado | 4 AWG | |
| Conductor de acometida secundario | Carga instalada total [kW] | 11,62 | |
| | Demanda máxima estimada [kW] | 5,69 | |
| | Corriente calculada [A] | 47 | |
| | Calibre conductor seleccionado | 6 AWG | |
| Circuitos por cabaña | Iluminación | 14 AWG | 1P 15 A |
| | Fuerza | 12 AWG | 1P 20 A |
| | Ducha 1 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 2 | 6 AWG | 2P 50 A |

Cabañas Españolas

En esta construcción de igual manera la acometida principal desciende del circuito de bajo voltaje llegando a un tablero secundario que alimenta a la construcción que se muestra en la Figura 2.12, El diseño propuesto es el siguiente:

Tabla 3.3. Cálculo de conductores y protecciones de la cabaña española

| | | | |
|---|--------------------------------|--------|---------|
| Conductor de acometida principal | Carga instalada total [kW] | 21,89 | |
| | Demanda máxima estimada [kW] | 10,97 | |
| | Corriente calculada [A] | 91,4 | |
| | Calibre conductor seleccionado | 4 AWG | |
| Circuitos por cabaña | Iluminación | 14 AWG | 1P 15 A |
| | Fuerza | 12 AWG | 1P 20 A |
| | Ducha 1 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 2 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 3 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 4 | 6 AWG | 2P 50 A |

Cuarto de máquinas

Ya que esta construcción se encuentra cerca del centro de transformación, la alimentación de este sector se proporciona directamente desde el medidor por medio de cableado subterráneo. El diseño propuesto es el siguiente:

Tabla 3.4. Cálculo de conductores y protecciones del cuarto de máquinas

| | | | |
|---|--------------------------------|--------|---------|
| Conductor de acometida principal | Carga instalada total [kW] | 7,88 | |
| | Demanda máxima estimada [kW] | 7,63 | |
| | Corriente calculada [A] | 31,8 | |
| | Calibre conductor seleccionado | 8 AWG | |
| División de circuitos | Iluminación | 14 AWG | 1P 15 A |
| | Fuerza | 12 AWG | 1P 20 A |
| | Bomba de agua | 8 AWG | 2P 40 A |

Vestidores de la piscina

Al igual que el cuarto de máquinas este sector se alimenta directamente de uno de los medidores mediante cableado subterráneo y llega a un tablero secundario en donde para el nuevo diseño se propone lo siguiente:

Tabla 3.5. Cálculo de conductores y protecciones de los vestidores

| | | | |
|---|--------------------------------|--------|---------|
| Conductor de acometida principal | Carga instalada total [kW] | 33,44 | |
| | Demanda máxima estimada [kW] | 15,91 | |
| | Corriente calculada [A] | 132,6 | |
| | Calibre conductor seleccionado | 1 AWG | |
| División de circuitos | Iluminación | 14 AWG | 1P 15 A |
| | Fuerza | 12 AWG | 1P 20 A |
| | Ducha 1 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 2 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 3 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 4 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 5 | 6 AWG | 2P 50 A |
| | Ducha 6 | 6 AWG | 2P 50 A |

3.6 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

3.6.1 REDISEÑO EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En base a las medidas de iluminancia tomadas en cada una de las principales edificaciones, se obtuvo que no cumplen los niveles establecidos las siguientes áreas:

Tabla 3.6. Iluminancias medidas

| Sector | Ubicación | Nivel de iluminación [Lux] | | |
|------------------|---------------------|----------------------------|--------|-------------|
| | | Medido | Mínimo | Recomendado |
| Cocina - Comedor | Bodega de recepción | 43 | 50 | 200 |
| | Bodega | 44 | 50 | 200 |
| | Comedor 3 | 60 | 100 | 300 |
| C. Españolas | Dormitorio | 35 | 50 | 200 |
| | Baño | 32 | 50 | 100 |
| Lavandería | Sala 2 | 148 | 200 | 500 |
| Aulas | Aula 3 | 80 | 200 | 500 |
| | Aula 5 | 58 | 200 | 500 |
| | Sala de Emergencias | 104 | 200 | 500 |
| Hotel | Dormitorio | 38 | 50 | 200 |
| | Espejo | 200 | 200 | 500 |
| Auditorio | Escenario | 75 | 200 | 500 |
| | Asientos | 40 | 100 | 200 |

En el caso del comedor 3 este problema se debe a que no están funcionando 4 de las 12 luminarias instaladas, por lo cual la solución para corregir esta deficiencia lumínica es habilitar las 4 luminarias y así cumplir con los niveles establecidos.

Por otro lado, el nivel de iluminación de dormitorios, baños y tocadores se ve afectado por la depreciación luminosa que sufre la instalación debido al uso, a lo cual con la sustitución de la fuente luminosa el problema estará resuelto. Los principales factores que influyen en la depreciación luminosa son:

- Acumulación de polvo y suciedad en las luminarias.
- Envejecimiento de los componentes internos de la lámpara.
- Variaciones de temperatura elevadas.
- Fallos de la instalación eléctrica.

Por tales razones las áreas que realmente necesitan un rediseño son las siguientes:

Tabla 3.7. Áreas que no cumplen con los niveles de iluminancia

| Sector | Ubicación | Nivel de iluminación [Lux] | | |
|------------------|---------------------|----------------------------|--------|-------------|
| | | Medido | Mínimo | Recomendado |
| Cocina - Comedor | Bodega de recepción | 43 | 50 | 200 |
| | Bodega | 44 | 50 | 200 |
| Lavandería | Sala 2 | 148 | 200 | 500 |
| Aulas | Aula 3 | 80 | 200 | 500 |
| | Aula 5 | 58 | 200 | 500 |
| | Sala de Emergencias | 104 | 200 | 500 |
| Auditorio | Escenario | 75 | 200 | 500 |
| | Asientos | 40 | 100 | 200 |

Para realizar este rediseño se utilizará el método de los lúmenes, el cual nos permitirá obtener una iluminación general del lugar, además de proporcionar una idea de las necesidades de iluminación.

Por último, a pesar que el valor establecido de iluminancia para salas de conferencias es de 200 lx, se tomará el valor de 100 lx como el deseado para el nuevo diseño, ya que tanto en el Aula 3, Aula 5 y Sala 2 las charlas son impartidas en el día y las actividades realizadas requieren una pequeña distinción del detalle.

Mediante la aplicación del método antes mencionado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.8. Resultados del rediseño por medio del método de los lúmenes

| SECTOR | UBICACIÓN | a [m] | b [m] | h' [m] | Em deseada [lx] | Índice del Local | Cu | Cm | Φ_T | NL calculado | NL aprox. | Em calculado [lx] |
|------------------|---------------------|-------|-------|--------|-----------------|------------------|------|-----|----------|--------------|-----------|-------------------|
| Cocina - Comedor | Bodega de recepción | 4,32 | 5,8 | 0,85 | 70 | 1,41 | 0,65 | 0,8 | 3373 | 1,87 | 2 | 74,71 |
| | Bodega | 4,32 | 5,65 | 0,85 | 70 | 1,40 | 0,65 | 0,8 | 3286 | 1,83 | 2 | 76,70 |
| Lavandería | Sala 2 | 3,77 | 5,27 | 0,85 | 100 | 1,91 | 0,74 | 0,8 | 3356 | 1,86 | 2 | 107,27 |
| Aulas | Aula 3 | 3,85 | 7,75 | 0,85 | 100 | 2,24 | 0,77 | 0,8 | 4844 | 2,69 | 3 | 111,48 |
| | Aula 5 | 3,85 | 7,75 | 0,85 | 100 | 2,24 | 0,77 | 0,8 | 4844 | 2,69 | 3 | 111,48 |
| | Sala de Emergencias | 3,83 | 3,88 | 0,85 | 100 | 1,68 | 0,65 | 0,8 | 2858 | 1,59 | 2 | 125,97 |
| Auditorio | Escenario | 14 | 3,5 | 1,7 | 200 | 1,56 | 0,62 | 0,8 | 19758 | 4,39 | 4 | 182,20 |
| | Público | 14 | 10,5 | 0,85 | 100 | 1,90 | 0,66 | 0,8 | 27841 | 6,19 | 6 | 96,98 |

En el **ANEXO L** se encuentran los resultados obtenidos mediante el software Dialux, en donde se puede observar la similitud existente entre los valores calculados manualmente.

3.6.2 MEDIDAS INSTRUMENTALES Y CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN ILUMINACIÓN

Para el caso de los lugares en donde si se cumplen los niveles de iluminación se proponen los siguientes cambios que ayudarán a tener un mejor uso de la energía eléctrica.

Para la iluminación interior se propone:

- Sustituir todos los focos incandescentes y fluorescentes por focos LED de 12 W.
- Sustituir los tubos fluorescentes T12 de 40 W por tubos LED T8 de 18 W y los tubos fluorescentes T12 de 20 W por tubos LED T8 de 9 W.

Sustituir las diferentes fuentes luminosas antes mencionadas por tecnología LED trae como consecuencia una reducción de 4683 W en la carga instalada de iluminación.

- En el caso de las bodegas de alimentos y baños del comedor 2 se instalarán tubos LED con sensores de presencia, ya que los mismos no son lugares muy concurridos en noches normales de trabajo, además, permitirá eliminar el inconveniente de tener estos lugares iluminados durante toda la noche debido al descuido de trabajadores y clientes.

En una noche normal de trabajo se utilizan 305 W durante un tiempo aproximado de 2.5 horas correspondiente a la iluminación de las bodegas de alimentos y baños del comedor; con la instalación de los sensores de presencia se estima reducir ese tiempo de uso a 1 hora ya que el flujo a los baños y las bodegas no es constante.

- En el caso de la lavandería, ama de llaves y duchas públicas la instalación de tragaluces resulta ser una excelente opción para no recurrir al sistema de iluminación durante el día, esto debido a que estos lugares presentan poca accesibilidad a la iluminación natural.

Para la iluminación exterior se propone:

- La instalación de las lámparas solares PeachLight 1.0, las cuales son ideales para calles o senderos de bajo tráfico y además permitirán iluminar un mismo sector de mejor manera y con un menor número de fuentes luminosas.



Figura 3.2. Luminaria PeachLight 1.0 [Internet]

Con la instalación de estas lámparas se eliminará una potencia instalada de 3277.5 [W] correspondientes a fuentes de iluminación exterior que se utilizan todos los días durante 11 horas en las noches, representando 1081 kWh-mes y económicamente u aproximado de 85 dólares de la factura total.

En total se utilizarán 39 lámparas PeachLight 1.0, ubicadas en los diferentes sectores del Campamento Nueva Vida como se muestra en la siguiente figura, las cuales permitirán cubrir la misma área que se iluminaba con las fuentes luminosas antes mencionadas.

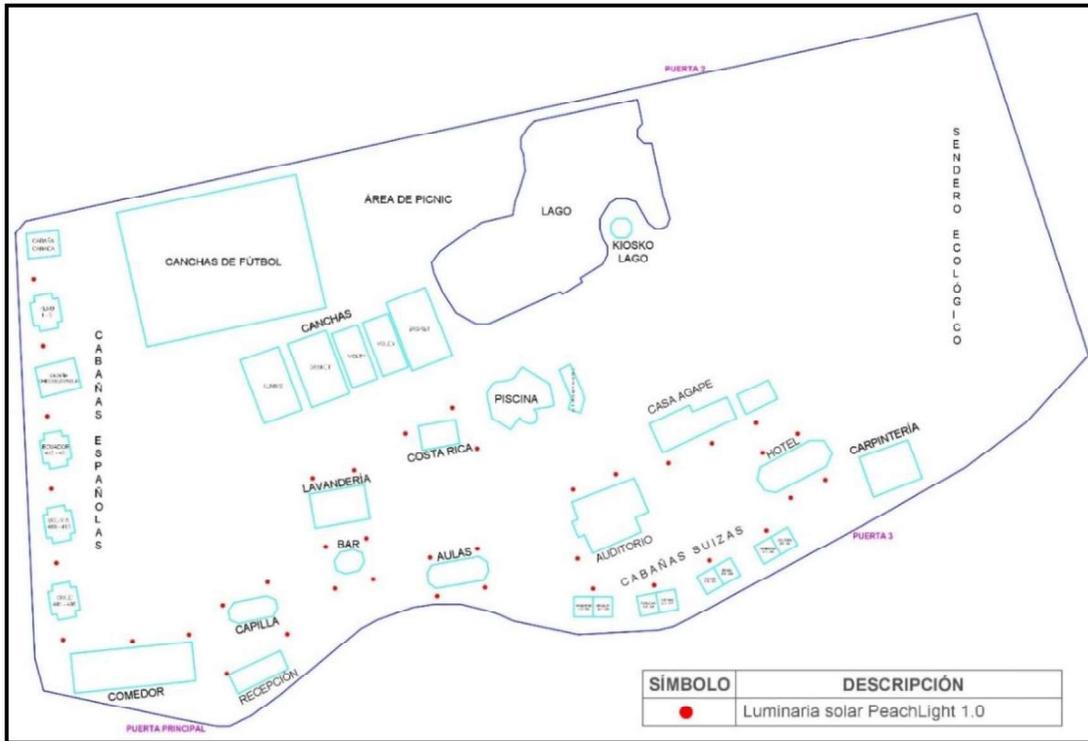


Figura 3.3. Distribución de las luminarias PeachLight 1.0

La ubicación de las lámparas solares PeachLight 1.0 se muestra en la Figura 3.3, en donde se puede observar la presencia de estos elementos en cada uno de los principales sectores del Campamento.

Las especificaciones técnicas de las diferentes fuentes luminosas LED a utilizar en la propuesta de sustitución y la lámpara solar PeachLight 1.0 se encuentran en el **ANEXO M**.

3.7 PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Se sugiere la sustitución de todos los calentadores eléctricos de agua ya que los mismos debido al paso del tiempo han perdido su aislamiento térmico, lo cual hace que el agua al estar almacenada se enfríe más rápidamente.

A pesar de existir 7 calentadores eléctricos, se sugiere la adquisición solamente de 6 unidades (4 de 40 GI y 2 de 30 GI) ya que con las mismas se puede atender la demanda de agua satisfactoriamente. Los equipos adquiridos estarán distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 3.9. Distribución de los calentadores eléctricos

| Lugar | Calentador | |
|------------|------------|------------|
| | Cantidad | Capacidad |
| Hotel | 3 | 40 galones |
| Lavandería | 1 | 40 galones |
| Casa Agape | 1 | 30 galones |
| C. Canadá | 1 | 30 galones |

Las duchas eléctricas utilizadas en el lugar son de temperatura regulable en 4 niveles, actualmente se encuentran en el nivel 4, por lo cual la medida de eficiencia tomada será ajustar la salida al nivel 3 en donde la temperatura del agua es aceptable y reduce aproximadamente un 20% del consumo regular.

3.8 ACTIVIDADES DE COCINA

Se sugiere la adquisición de 2 frigoríficos uno de 200 litros de capacidad y otro de 400 litros, esto para sustituir los equipos que no cumplen con el etiquetado energético.

3.9 ACTIVIDADES DE LAVANDERÍA

Se sugiere la utilización de la lavadora doméstica un máximo de 3 ciclos de lavado al día, ya que al no ser un equipo industrial se lo está utilizando en exceso, lo cual reduce su vida útil.

En el caso de la secadora se sugiere la adquisición de un nuevo equipo ya que la potencia que consume actualmente es exagerada en comparación con equipos actuales.

En el **ANEXO N**

se presenta equipos de refrigeración y calentamiento de agua tentativos a adquirirse ya que presentan especificaciones técnicas similares a las requeridas.

3.10 RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA SUGERIDAS

A continuación, se presenta un resumen de las medidas de eficiencia energética cuantificables que se piensan adoptar en el campamento nueva vida, en donde mediante la estimación del consumo se obtiene el porcentaje de ahorro energético que ofrece cada una.

Tabla 3.10. Estimación de los ahorros con la aplicación de medidas de eficiencia

| Medidas de eficiencia sugeridas | | Carga instalada [W] | | Horas de uso al mes [h/mes] aproximado | | Consumo de energía [kWh/mes] | | Ahorro [%] |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------|--|-----------|------------------------------|-----------|------------|
| | | Actual | Propuesto | Actual | Propuesto | Actual | Propuesto | |
| Iluminación | Sustitución de lámparas | 11763 | 7080 | 60 | 60 | 705.78 | 424.80 | 39.81 |
| | Instalación de sensores de presencia | 305 | 131 | 75 | 30 | 22.88 | 3.93 | 82.82 |
| | Instalación lámparas solares | 3277.5 | 0 | 330 | 330 | 1081.58 | 0.00 | 100.00 |
| Actividades cocina | Sustitución frigorífico 200 L | 200 | 130 | 300 | 300 | 60.00 | 18.67 | 68.80 |
| | Sustitución frigorífico 400 L | 350 | 243 | 300 | 300 | 105.00 | 45.67 | 56.51 |
| ACS | Reemplazo calentador eléctrico 30 Gl | 4500 | 8000 | 120 | 65 | 540.00 | 520.00 | 3.70 |
| | Reemplazo calentador eléctrico 40 Gl | 13000 | 16000 | 120 | 65 | 1560.00 | 1040.00 | 33.33 |
| | Ajustar la temperatura de las duchas | 229000 | 183200 | 4.5 | 4.5 | 1030.50 | 824.40 | 20.00 |
| Actividades lavandería | Sustitución de la secadora | 5000 | 3000 | 20 | 20 | 100.00 | 60.00 | 40.00 |

Aclaraciones:

- Para estimar el consumo de las duchas eléctricas, se asumió que las mismas son utilizadas un tiempo de 15 minutos por día, durante los 30 días del mes.
- En el caso de los calentadores eléctricos se puede observar que la carga instalada aumenta, aspecto que se compensa con la reducción del tiempo de calentamiento del agua.

Considerando el ahorro de energía producido, en términos monetarios el ahorro sería el siguiente:

Tabla 3.11. Ahorros en términos económicos

| Medidas de eficiencia tomadas | | Ahorro [kWh/mes] | Ahorro [USD] |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|
| Iluminación | Sustitución de lamparas | 280,98 | 22,48 |
| | Instalación de sensores | 18,95 | 1,52 |
| | Instalación lámparas solares | 1081,58 | 86,53 |
| Actividades cocina | Sustitución frigorifico 200 L | 41,33 | 3,31 |
| | Sustitución frigorifico 400 L | 59,34 | 4,75 |
| ACS | Reemplazo calentador eléctrico 30 Gl | 20,00 | 1,60 |
| | Reemplazo calentador eléctrico 40 Gl | 520,00 | 41,60 |
| | Ajustar la temperatura de las duchas | 206,10 | 16,49 |
| Actividades lavandería | Sustitución de la secadora | 40,00 | 3,20 |
| TOTAL | | 2.268,27 | 181,46 |

De acuerdo a la tabla 3.11 se produce un ahorro de 181,46 [USD] al mes lo que significaría un ahorro total de 2.177,54 [USD] anualmente. El valor de ahorro económico se obtuvo en base a la tarifa de asistencia social sin demanda, en donde el kWh cuesta 0.08 [USD].

3.11 RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE MODERNIZACIÓN SUGERIDAS

Estas medidas de modernización en si aportan también un ahorro energético, pero no se las ha tomado en cuenta para el análisis anterior por las siguientes razones

- Son cambios necesarios en el campamento para obtener un sistema eléctrico seguro, es decir, definitivamente deben ser realizados.
- Algunas de estas medidas significan un gasto muy elevado con ahorros económicos relativamente bajos, por tal razón los mismos son vistos como gastos mas no inversiones.

Tabla 3.12. Beneficios de aportan las medidas de modernización

| Medida | Beneficio |
|---|--|
| Cambio del transformador de 37.5 kVA por uno de 75 kVA. | Menos pérdidas en devanados y núcleo. Mejor calidad de la energía recibida en las instalaciones. Se eliminan los problemas de sobrecarga. |
| Instalar un banco de capacitores automático | Reducción del consumo de energía reactiva. Se evitan los posibles recargos por bajo factor de potencia. |
| Construcción de un TDP | Permitirá distribuir y proteger de mejor manera los circuitos existentes. |
| Mantenimiento de los centros de carga | Evitar daños en los contactos y superficies conductoras. Evitar la presencia de falsos contactos. |
| Instalación de la puesta a tierra | Protección de equipos ante fallas eléctricas. Seguridad personal |
| Redimensionamiento de conductores y protecciones | Evitará problemas por sobrecalentamiento en conductores. Evitará caídas de voltaje considerables. Obtención de un nivel de protección más preciso. |
| Mantenimiento de motores eléctricos | Aumentar la vida útil de los mismo. |

4 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

En este capítulo se analizará principalmente la inversión económica y el beneficio que se generaría a partir de la puesta en marcha de las medidas de eficiencia energética antes descritas; esto tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debido a la demanda variable, las horas de uso al mes son tiempos estimados, por lo tanto, los ahorros económicos no serán exactos.
- Los equipos a adquirirse tienen un precio promedio, ya que en la actualidad existen equipos con características similares, pero con una gran variación en su precio.

4.1 INVERSIÓN REQUERIDA

En esta sección se hará una estimación de la inversión que requiere la puesta en marcha de las medidas de eficiencia energética sugeridas, esto con el objetivo de tener un valor de desembolso inicial y verificar que con los ahorros estimados en la tabla 3.11 si se sustenta la aplicación de medidas de eficiencia energética. Por último, se realizará una estimación del desembolso (gasto) que se deberá realizar para aplicar las medidas de modernización.

Tabla 4.1. Estimación de la inversión requerida para aplicar las medidas de eficiencia

| Sector | Descripción | Cant. | Precio Unitario [USD] | Inversión requerida [USD] |
|---------------------------|---|-------|-----------------------|---------------------------|
| Sistema de Iluminación | Inclusión de focos LED 12W | 156 | 2,50 | 390,00 |
| | Inclusión de Luminarias LED T8 18W | 62 | 15,00 | 930,00 |
| | Inclusión de Luminarias LED T8 2x18W | 29 | 25,00 | 725,00 |
| | Inclusión de Luminarias LED T8 9W | 28 | 7,50 | 210,00 |
| | Inclusión de Lámparas solares PeachLight 1.0 | 39 | 170,00 | 6630,00 |
| | Luminarias LED con sensores de presencia | 8 | 25,00 | 200,00 |
| Actividades de cocina | Sustitución frigoríficos 400L | 1 | 400,00 | 400,00 |
| | Sustitución frigoríficos 200L | 1 | 300,00 | 300,00 |
| Producción ACS | Ajuste temperatura del agua de las duchas | N/A | N/A | N/A |
| | Cambio de calentador eléctrico con tanque 30 Gl | 2 | 500,00 | 1.000,00 |
| | Cambio de calentador eléctrico con tanque 40 Gl | 4 | 700,00 | 2800,00 |
| Actividades de lavandería | Adquisición secadora | 1 | 600,00 | 600,00 |
| | | | TOTAL [USD] | 14.185,00 |

Se tiene que, para implementar las medidas de eficiencia energética antes descritas, es necesaria una inversión total de 14.185,00 dólares; esta inversión implica un ahorro anual 27.219,24 kWh en términos de energía y económicamente un aproximado de 2.177,54 [USD] al año. Para este proceso se deben definir los indicadores TIR y VAN los cuales permiten evaluar la factibilidad de un proyecto o inversión.

En el caso de las medidas de modernización, si bien van asociadas con mejorar el servicio, también representan un ahorro energético ya que permitirán reducir las pérdidas en el transformador y conductores. En la tabla 4.2. se presenta la estimación de precios de estas medidas:

Tabla 4.2. Desembolso aproximado de las medidas de modernización

| Medida | Descripción | Cant. | Precio Unit. [USD] | Total [USD] |
|-------------------------------|---------------------------------|-------|--------------------|-------------|
| Cambio transformador | Transformador 75 kVA | 1 | 2.800,00 | 2.800,00 |
| | Protecciones del transformador | 1 | 600,00 | 600,00 |
| | Puesta tierra del transformador | 1 | 160,00 | 160,00 |
| Puesta a tierra edificaciones | Instalación puesta a tierra | 23 | 100,00 | 2.300,00 |
| Construcción TDP | Elementos e instalación | 1 | 1.700,00 | 1.700,00 |
| Compensación | Adquisición bancos de 3kVAR | 5 | 105,00 | 525,00 |
| | Instalación + elementos | 1 | 1500,00 | 1500,00 |
| Acometida Cabaña Suiza | Rollo conductor 4 AWG | 1 | 320,00 | 320,00 |
| | Rollo conductor 6 AWG | 1 | 220,00 | 220,00 |
| Acometida Cabaña Española | Rollo conductor 4 AWG | 1 | 320,00 | 320,00 |
| Acometida Cuarto de máquinas | Rollo conductor 8 AWG | 1 | 130,00 | 130,00 |
| Acometida vestidores | Rollo conductor 1 AWG | 1 | 690,00 | 690,00 |
| | | | TOTAL | 11.265,00 |

Se tiene que es necesario un desembolso aproximado de 11.265,00 [USD] para realizar las medidas de modernización. Este valor puede variar ya que de acuerdo a lo que determine la empresa distribuidora, pueden ser necesarios más cambios.

4.2 VAN - VALOR ACTUAL NETO

Es el valor presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida

por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios [33].

El cálculo del VAN se lo realiza mediante la expresión siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (4.1)$$

Donde:

V_t : Flujo de caja en el período t.

I_0 : Valor de la inversión inicial.

n : Número de períodos de vida útil del proyecto.

k : Tasa de descuento.

Criterio de aceptación

Si el VAN de un proyecto independiente es mayor o igual a cero el proyecto se acepta, caso contrario es rechazado. Un valor del VAN negativo no indica la ausencia de beneficio, sino que evidencia alguna de las siguientes situaciones: beneficios inexistentes o beneficios insuficientes. Desafortunadamente el VAN no aclara en cuál de estas situaciones se encuentra el proyecto, solamente nos indica que el proyecto debe rechazarse [33].

4.3 TIR - TASA INTERNA DE RETORNO

Es otro criterio que se utiliza para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0 [33].

El cálculo del TIR se lo realiza mediante la expresión siguiente:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (4.2)$$

El argumento básico que respalda a este método es que señala el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto en una sola cifra que resume las condiciones y méritos del mismo [33].

Para el Ecuador se considera una tasa de descuento del 8% [34], si el TIR del proyecto supera este 8% se considera que el proyecto es viable, ya que equivale a decir que invertir en el proyecto será más beneficioso que mantener el dinero en el banco y realizar otro tipo de inversión

4.4 CÁLCULO DE LOS INDICADORES VAN Y TIR PARA EL PROYECTO DEL CAMPAMENTO NUEVA VIDA

Como primer punto es necesario determinar el período de recuperación de la inversión (payback), el cual permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial [35].

Tabla 4.3. Flujo Neto de efectivo

| Período [Año] | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Monto [USD] | -14185.00 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 | 2177.54 |

Tabla 4.4. Flujo de neto de efectivo acumulado

| Período [Año] | Flujo neto de efectivo | Flujo neto acumulado |
|---------------|------------------------|----------------------|
| 0 | -14185 | |
| 1 | 2177.54 | -12007.46 |
| 2 | 2177.54 | -9829.92 |
| 3 | 2177.54 | -7652.38 |
| 4 | 2177.54 | -5474.84 |
| 5 | 2177.54 | -3297.30 |
| 6 | 2177.54 | -1119.76 |
| 7 | 2177.54 | 1057.78 |
| 8 | 2177.54 | 3235.32 |
| 9 | 2177.54 | 5412.86 |
| 10 | 2177.54 | 7590.40 |

Como se puede observar en la tabla 3.13 el período de recuperación de la inversión se produce al finalizar el periodo 7, ya que para ese periodo el flujo acumulado posee un valor positivo, lo cual significa que ya se recuperó la inversión inicial de 14185 [USD]

Este indicador no toma en consideración el valor del dinero en el tiempo, por lo cual, para obtener una mejor idea de la inversión, se procede a calcular los valores VAN y TIR del proyector tomando en cuenta una vida útil del proyecto de 10 años y una tasa de descuento anual del 8%.

A continuación, se presenta los indicadores VAN y TIR calculados que definirán la rentabilidad del proyecto del Campamento Nueva Vida.

Tabla 4.5. Indicadores de evaluación financiera

| Indicador | Valor |
|------------------|--------------|
| VAN | \$1,109.13 |
| TIR | 9% |

En base a los valores calculados, se puede observar que el VAN tiene un valor positivo por lo cual es factible realizar la inversión; por otro lado, el valor del TIR es mayor a la tasa de descuento logrando así confirmar la aplicación del proyecto de eficiencia energética.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se pudo observar la demanda variable que se presenta en las instalaciones del Campamento Nueva Vida, resultó ser uno de los factores más determinantes al momento de tomar decisiones ya que la presencia de está no permitía la inclusión de ciertas tecnologías que en la actualidad son muy utilizadas.

En base a este criterio a continuación se presenta los principales aspectos que ayudaron en la toma de decisiones, en relación a las medidas de eficiencia energética.

5.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

De acuerdo a la tabla 2.22 en donde se analizó el consumo energético mínimo de las instalaciones, se pudo observar que el grupo de iluminación junto al grupo motores eran los que más energía consumían al mes. Dentro este grupo de iluminación se tenían tres tipos: la iluminación interior, iluminación exterior y alumbrado público; las cuales a su vez se pueden clasificar de la siguiente manera.

- Uso dependiente de la presencia de visitantes

Iluminación interior: posee una potencia instalada de 11763 W y se refiere a la iluminación interna de cada edificación.

- Uso independiente de la presencia de visitantes

Iluminación exterior: posee una potencia instalada de 3277.5 W y se refiere a la iluminación de los caminos existentes entre cada edificación del campamento. caminos internos del campamento presente en cada cabaña

Alumbrado público: posee una potencia instalada 2400 W

De estos grupos se tomó la decisión de implementar luminarias solares solamente en el correspondiente a iluminación exterior, puesto que este grupo funciona entre 11 a 12 horas todas las noches para labores de seguridad y vigilancia. Con esto se justifica su inversión ya que el equipo en ningún momento estaría inutilizado en relación a su régimen habitual de uso y aportaría un ahorro económico significativo.

Para el caso de la iluminación interior no se optó por energía fotovoltaica, puesto que en el caso de no existir clientes el equipo estaría inutilizado, es decir, no estaría generando ahorros en el consumo.

En el caso del alumbrado público que también es facturado al campamento, no se sugiere la instalación de energía solar ni de luminarias LED, debido a que la implementación de este tipo de tecnología depende exclusivamente de la empresa distribuidora.

5.2 PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

El principal objetivo en este campo era la inclusión de energías renovables para el calentamiento de agua, puesto que la carga instalada de equipos destinados a este fin es demasiado grande en comparación con los otros grupos.

En total son 246.5 kW de potencia instalada, en donde se incluyen los siguientes equipos: duchas eléctricas y calentadores eléctricos con tanque; que en épocas del año donde existe una gran afluencia de clientes representa un gran consumo energético.

Con las premisas antes expuestas, como alternativas para la producción de ACS se analizaron los siguientes equipos: colectores solares, bombas de calor y calentadores eléctricos sin tanque; que energéticamente hablando permiten obtener menos consumo con buenos resultados pero que poseen ciertas limitaciones que para el caso específico del campamento las convierten en opciones no aplicables.

Colectores solares

Estos equipos se ven condicionados a la demanda de agua del lugar, la cual define el número de equipos a utilizar y la capacidad de los mismos. El caso específico del campamento en cabañas que tienen una capacidad máxima de 32 personas se necesitaría un total como mínimo 5 equipos por cabaña ya que un calentador solar de 300 litros puede proveer en promedio 6 duchas de 10 minutos al día. La presencia de un elevado número de equipos por cabaña significaría un espacio amplio y una estructura extremadamente resistente, que el campamento actualmente no dispone.

Bombas de calor

En comparación con los colectores solares la inclusión de una bomba de calor es una excelente opción para ahorrar espacio, pero en una instalación cuyo atractivo principal es el contacto con la naturaleza resulta ser un elemento antiestético que puede interferir con las actividades a desarrollarse en el lugar. Por último, en lugares con demanda variable estos equipos no ofrecerán el confort deseado y si lo hacen será a costa de un consumo mayor ya que poseen una alimentación eléctrica que se activa al momento de cumplir con los estándares establecidos.

Calentadores eléctricos sin tanque

La no inclusión de estos equipos se debe principalmente a que son más propensos a dañarse ya que los mismos no son diseñados para un uso prolongado y presentan sensibilidad a la presión y minerales en el agua.

Por último, estos equipos consumen una potencia de aproximadamente 11 kW y pueden como máximo alimentar dos puntos de ducha simultáneamente, lo cual no supone ningún beneficio en comparación con las duchas eléctricas; además de que para su instalación necesitan cableado más robusto lo cual no es factible debido a la distancia considerable que existe entre edificaciones.

Debido a estas premisas se tomó la decisión de mantener las duchas eléctricas con la idea de que es más barato reemplazar una ducha eléctrica que uno de estos equipos.

5.3 CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA

Dejando un poco de lado la gran área requerida para la instalación de colectores solares y su influencia en las actividades del lugar, la decisión final de no incluir estos equipos en la climatización de la piscina se fundamentó en que era necesario priorizar las medidas de eficiencia energética a aplicar, lo cual a su vez está relacionado con la idea de que en el campamento el atractivo principal no es la piscina, sino que es un plus de las instalaciones y sus mejoras pueden esperar.

5.4 ACTIVIDADES DE COCINA Y LAVANDERÍA

El principal aspecto que se tomó en cuenta para sugerir la adquisición de equipos nuevos fue la presencia de consumos exagerados en comparación con equipos de características similares utilizados hoy en día.

A continuación, se presenta una tabla comparativa en donde se puede evidenciar los índices de eficiencia energética de los equipos del campamento y de equipos similares disponibles en el mercado.

Tabla 5.1. Comparación de Índices de eficiencia de equipos de refrigeración

| Equipo | Índice de Eficiencia Energética [(kWh/año)/litros] | |
|-----------------|---|-----------|
| | Actual | Propuesto |
| Congelador 200L | 3.65 | 1.02 |
| Congelador 400L | 3.19 | 1.28 |

5.5 PRIORIDAD DE LAS MEDIDAS SUGERIDAS

En base a las ideas antes expuestas y el consumo energético del campamento se establece el siguiente orden de aplicación de las medidas.

1. Implementar todas las medidas de modernización antes expuestas lo más pronto posible, ya que permitirán obtener una instalación eléctrica de calidad y segura para su uso.
2. Instruir al personal y clientes sobre el correcto uso de la energía.
3. Regular la temperatura de salida en las duchas eléctricas.
4. Sustituir los equipos de refrigeración y lavandería.
5. Sustituir la iluminación interior por tecnología LED.
6. Sustituir los calentadores eléctricos.
7. Instalar las lámparas solares para la iluminación exterior.
8. Climatización de la piscina (En el caso de contar con un espacio que no interfiera con otras actividades).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En base a pruebas y visitas al sitio, se logró obtener una visión clara de los principales problemas eléctricos y de consumo energético presentes en el Campamento Nueva Vida, con lo cual se pudo establecer un conjunto de posibles soluciones a problemas relacionados con el uso de elementos eléctricos que ya cumplieron su vida útil, el mal dimensionamiento de elementos eléctricos, el uso de tecnología obsoleta, uso inadecuado de la energía en calentamiento de agua y el uso de equipos con bajo índice de eficiencia energética, entre otros aspectos.
- Se logró identificar factores como: costumbres de consumo de los visitantes, servicio requerido y las actividades de recreación programadas que definen e influyen en la demanda eléctrica de construcciones dedicadas al hospedaje y turismo, como es el caso del campamento Nueva Vida.
- Mediante la aplicación de la prueba colorimétrica al aceite del transformador de 37.5 kVA y por el aspecto físico del tanque, se logró determinar que el mismo contiene PCB's y se encuentra sobrecargado, por lo cual no es recomendable su utilización y debe ser reemplazado lo más pronto posible por uno nuevo de 75 kVA según el estudio realizado.
- Con la aplicación de la prueba termográfica a cables y centros de carga se pudo determinar de manera fácil y rápida que los mismos, a pesar de no encontrarse en niveles críticos de funcionamiento necesitan ser reemplazados para no presentar problemas en un futuro.
- Obtener un valor exacto del consumo eléctrico del Campamento Nueva Vida resultó ser una tarea compleja, ya que este depende principalmente de las costumbres de consumo que tiene cada visitante, este aspecto se pudo evidenciar de acuerdo a las tablas 2.15 y 2.21, en donde el mayor consumo de energía registrado (8.068 kWh) se produce cuando existieron 494 visitantes, mientras que para el mes con un mayor número de visitantes (2454) se obtuvo un consumo de 5.364 kWh.
- La instalación de colectores solares para la producción de ACS resulta ser una medida no aplicable en el Campamento Nueva Vida, esto debido a que entre los aspectos a tomarse en cuenta para la instalación de estos equipos están la disponibilidad arquitectónica del lugar y la demanda de agua requerida; aspectos

que se ven limitados por la estructura de madera en los tejados y la poca producción de agua caliente al día que proporcionan estos equipos. Por último, en el caso de no existir clientes los equipos no estarían generando ningún beneficio.

- Tomando como referencia al análisis de calidad de energía en donde se aprecia que la demanda del Campamento Nueva Vida es muy variable y además presenta un bajo factor de potencia (0.89), se pudo determinar que para este tipo de instalaciones se requiere usar un banco de capacitores automático con el cual conforme varíe la carga, proveerá la potencia reactiva necesaria para la compensación; para este caso en específico debe ser instalado un equipo de 15 kVAR de 5 pasos (3 kVAR cada uno).
- Se logró determinar que la inclusión de tecnología LED como parte de la iluminación es muy factible ya que solamente con la sustitución de equipos se puede ahorrar aproximadamente un 40% de la energía utilizada para la iluminación interior, el cual es uno de los sistemas más utilizados.
- En base al consumo característico del campamento, la inclusión de energías renovables solamente resulta ser factible en la iluminación exterior (caminos entre edificaciones) ya que este consumo es constante e independiente de la presencia de clientes.
- De las visitas realizadas al lugar y en base al uso que se les da a las edificaciones se determinó que la instalación de sensores de presencia solamente es factible en los baños del comedor y bodegas de la cocina, ya que estos lugares por comodidad del cliente y del personal permanecen iluminados, aunque no estén en uso, pero en algunos casos su desenergización es olvidada y permanecen encendidos toda la noche.
- En base a la evaluación del consumo energético de las instalaciones del campamento, se pudo determinar que la misma posee un consumo mínimo de aproximadamente 3.460,50 [kWh/mes] y los principales consumidores de energía son el sistema de iluminación (1.136,33 kWh/mes) y motores (1.503,19 kWh/mes) que corresponden al bombeo de agua hacia las edificaciones y para limpieza de la piscina.
- Es necesaria la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para los motores eléctricos de la bomba de la piscina y bombas que distribuyen el agua

por el campamento, ya que a pesar de ser uno de los grupos que consume más energía (1.503,19 kWh/mes), no cuenta con un monitoreo periódico.

- Para el caso de la cocina se pudo comprobar que en la actualidad existen equipos de refrigeración que ofrecen un mismo beneficio con un menor consumo de energía, lo cual ratifica la opción de adquirir nuevos equipos ya que la vida útil de los mismos es de aproximadamente 12 años o más.
- La inclusión de la tecnología LED además de mejorar los niveles de iluminación con un consumo menor de energía, permitirá al Campamento contribuir con la reducción de la contaminación ocasionada por el mercurio presente en las lámparas fluorescentes.
- Se logró concientizar al personal del campamento en cuanto a riesgos eléctricos y uso correcto de la energía se refiere, ya que a partir del estudio realizado la fundación ha comenzado a trabajar en acciones para mejorar su infraestructura eléctrica.
- En base a los indicadores VAN (\$1,109.13) y TIR (9%) se logró establecer que el proyecto de eficiencia energética es factible para la fundación, ya que se obtendrá un ahorro considerable en comparación con el consumo de energía actual.

6.2 RECOMENDACIONES

- Antes de realizar el ingreso de una carga eléctrica considerable, consultar con personal calificado si el sistema está capacitado para soportar dicho aumento o si necesita algún cambio; esto debido a que en las instalaciones del campamento se introdujo una carga considerable correspondiente a duchas eléctricas.
- Realizar charlas informativas sobre riesgos eléctricos y eficiencia energética dirigidas a los residentes de las comunidades aledañas, para así contribuir al uso eficiente de la energía y la conservación del medio ambiente.
- Destinar un porcentaje de los ingresos netos para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas y renovación de equipos, lo cual permitirá prolongar la vida útil de los elementos de la instalación y además poseer equipos más modernos y eficientes.
- Al momento de adquirir electrodomésticos o equipos industriales, tener siempre en cuenta la clase energética del mismo ya que nos permitirá definir el nivel en que se está aprovechando la energía.
- Realizar una inspección total del sistema eléctrico por lo menos una vez al año para identificar y prevenir problemas.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Tecnológico de Canarias, “Energías renovables y eficiencia energética,” 2008. [En línea]. Available: <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>.
- [2] twenergy, “Guía de Eficiencia Energética en hoteles como primer factor de sostenibilidad”.
- [3] Schneider Electric, “Evaluación de una instalación eléctrica,” *ElectriQO Actualizando al profesional electricista*, vol. 11, Octubre, 2011.
- [4] F. Cedeño y J. Rivas, “Eficiencia energética en el sector hotelero Asturiano. Situación actual y perspectivas,” *Escuela Universitaria de Turismo de Asturias*, pp. 127 - 160, Nuevas perspectivas del turismo para la próxima década: III jornadas de investigación en turismo 2010.
- [5] P. Rodríguez, “Elementos básicos de una instalación eléctrica,” [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/PaquiRP/elementos-bsicos-de-una-instalacion-elctrica-y-caractersticas-de-una-vivienda-domtica-20144610>. [Último acceso: 21 mayo 2019].
- [6] ONULEC Material Eléctrico, “Principales elementos de una instalación eléctrica,” [En línea]. Available: <https://www.onulec.com/blog/novedades-onulec/209-elementos-de-una-instalacion-electrica>.
- [7] “Instalaciones Eléctricas,” [En línea]. Available: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnelson/materias/instalaciones_electricas/tema_1/instalacion_electrica__tema_1.pdf. [Último acceso: 20 mayo 2019].
- [8] Schneider Electric, “Diagnóstico de una instalación eléctrica,” *ElectriQO Actualizando al profesional electricista*, vol. 10, Octubre, 2011.
- [9] “Luminotecnia. Dispositivos para alumbrado incandescente y fluorescente,” vol. 8.
- [10] Obralux, “Luminotécnia,” [En línea]. Available: <http://www.obralux.com/pdf/luminotecnia.pdf>. [Último acceso: 20 Enero 2019].
- [11] N. Castilla, V. Blanca, A. Martínez y R. Pastor, “LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lumenes,” [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf>. [Último acceso: 5 Abril 2019].
- [12] F. Avilés, *INSTALACIONES ELÉCTRICAS*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2005.
- [13] J. Roldán, “Instalaciones Eléctricas para la vivienda,” vol. 8, p. 42.

- [14] C. López, "Instalaciones Eléctricas - Iluminación," [En línea]. Available: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/sesion_9.3_iluminacion.pdf. [Último acceso: 16 Abril 2019].
- [15] M. Carral, "La Tecnología LED," 2014.
- [16] J. Romero, "Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró," *Univesitat Politècnica de Catalunya*, Enero, 2015.
- [17] SYSE, "Servicio a Transformadores," [En línea]. Available: http://www.syse.com.mx/pruebas_relacion_transformadores_ttr.html. [Último acceso: 4 Febrero 2019].
- [18] INSTITUTO ECUTORIANO DE NORMALIZACIÓN, "TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN - PRUEBAS ELÉCTRICAS," 2004. [En línea]. Available: <https://archive.org/details/ec.nte.2111.2004/page/n1>. [Último acceso: 15 Diciembre 2018].
- [19] A. Hernández, R. Ledesma y E. Perera, "MANUEL DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN," *Tesis, Instituto Politécnico Nacional*, México, 2007.
- [20] SERVELECmx, "Prueba Colorimétrica para detección de PCB's," [En línea]. Available: <https://www.servelec.mx/prueba-colorimetrica-para-deteccion-de-bpcs.html>. [Último acceso: 20 Diciembre 2018].
- [21] Masvoltaje, "Cables eléctricos," [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>.
- [22] CONELEC, "REGULACIÓN No CONELEC - 004/01 CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN".
- [23] A. Sani, "Estudio de Eficiencia Energética en el Edificio de Química Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional," *Tesis, Escuela Politécnica Nacional*, Quito, 2014.
- [24] Gobierno de Canarias, "Guía didáctica de Energía Solar - Captadores Solares Térmicos," *Instituto Tecnológica de Canarias*.
- [25] Solapool, "Calentamiento de piscinas," [En línea]. Available: <http://energiasolarpablos.com/web/documentos/presentacionSolapool.pdf>. [Último acceso: 30 marzo 2019].
- [26] FLUKE, "1744/1743 Power Quality Logger - Manual de uso," 2006.
- [27] "UNE 12464.1," *Norma europea sobre la Iluminación para interiores*.
- [28] Schneider Electric, Guía de diseño de instalaciones eléctricas, España, 2008.
- [29] ARCONEL, "PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN," 2018. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf. [Último acceso: 28 Febrero 2019].

- [30] SACLIMA - TERMICA & PV, "Capatadores Solares para Calentamiento de Piscinas," <http://www.saclima.com/wp-content/uploads/2017/02/FICHA-TECNICO-COMERCIAL-SOLAPOOL-Instalador.pdf>.
- [31] R. Rosas, "Implementación de Eficiencia Energética en Sistemas de Bombeo para lograr Ahorros en la Industria," de *Congreso Regional de Energía*, El Salvador, 2016.
- [32] SIEMENS, "Productos Eléctricos Industriales," Agosto, 2014.
- [33] M. Mete, "VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN," *Instituto de Investigación en Ciencias Económicas y Financieras*, Marzo, 2014.
- [34] B. C. d. Ecuador, "Tasas de Interés," [En línea]. Available: <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasaInteres/Indice.htm>.
- [35] J. Vaquiro, "Periodo de recuperación de la inversión - PRI," 2013. [En línea]. Available: https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/pos/AN/PI/AM/10/Periodo.pdf.
- [36] Empresa Eléctrica Quito, "NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A," 2014.
- [37] D. Paillacho, "Evaluación, Diagnóstico y Rediseño de las Instalaciones Eléctricas del Colegio Técnico Agropecuario Eduardo Salazar Gómez de Pifo," *Tesis, Escuela Politécnica Nacional*, Quito, 2018.
- [38] RETScreen 4, "User Manual for Public Outdoor Swimming Pools," [En línea]. Available: <https://www.cleanenergyresourceteams.org/sites/default/files/RETScreen4UserManualforPublicOutdoorSwimmingPools.pdf>. [Último acceso: 15 Febrero 2019].
- [39] C. Herranz, J. Ollé y F. Jáuregui, "LA ILUMINACIÓN CON LED Y EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA," 2011. [En línea]. Available: <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>.

8 ANEXOS

ANEXO A. Tabla de corrientes máximas admisibles en conductores eléctricos

ANEXO B. Levantamiento de Carga del Campamento Nueva Vida.

ANEXO C. Informe de las pruebas realizadas al Transformador.

ANEXO D. Planos Eléctricos de las Edificaciones.

ANEXO E. Resultados de la Prueba Termográfica.

ANEXO F. Informe del Análisis de Calidad de Energía.

ANEXO G. Pliego Tarifario EEQ 2018.

ANEXO H. Planillas Eléctricas Enero – Diciembre del 2018.

ANEXO I. Análisis del consumo de energía mínimo de la instalación.

ANEXO J. Determinación de la Potencia del Nuevo Transformador.

ANEXO K. Caídas de voltaje.

ANEXO L. Resultados Obtenidos en el Software DIALUX.

ANEXO M. Especificaciones lámparas y las luminarias a utilizarse.

ANEXO N. Posibles Equipos de cocina y Lavandería a Adquirirse.