



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN CHFM**

SUSTENTADO POR:

YENI PATRICIA GUEVARA YANES

ELDER NOÉ BENÍTEZ OSORIO

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

HONDURAS, C.A.

OCTUBRE, 2021

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

DIRECTORA UNITEC CAMPUS S.P.S

MARIA ROXANA ESPINAL

DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY

**PREFACTIBILIDAD DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN CHFM**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

ASESOR METODOLÓGICO

JOSÉ RODOLFO SORTO BUESO

ASESOR TEMÁTICO

JOSÉ GABRIEL ZORTO AGUILERA

MIEMBROS DE LA TERNA:

JAVIER GUTIERREZ BARDALES

JUAN ÁNGEL HERNÁNDEZ CABUS

MARIO RUBÉN ZELAYA

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2021

YENI PATRICIA GUEVARA YANES

ELDER NOE BENÍTEZ OSORIO

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO EN CHFM**

AUTORES:

YENI PATRICIA GUEVARA YANES

ELDER NOÉ BENÍTEZ OSORIO

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como propósito principal presentar las oportunidades de mejorar en el sistema de aire acondicionado (enfriamiento) actual de la central hidroeléctrica Francisco Morazán (CHFm), que permita alcanzar la temperatura óptima de operación en los ambientes de la planta, por medio de un análisis de eficiencia energética, para lograr determinar la prefactibilidad por medio de la realización de un estudio técnico financiero que muestre la viabilidad de reemplazar parcial o total el sistema de enfriamiento para lograr mejorar el desempeño energético en sala de máquinas de la CHFm y las condiciones operativas en los espacios de la central. La hipótesis de investigación para esta opción evaluada indica que, sí se reducirán los costos de operación y mantenimiento, así como el consumo energético de acuerdo con el cociente del IBC siendo este 1.16, mayor que uno. Se implementó una metodología con enfoque cuantitativo. Se realizó una evaluación económica para determinar la rentabilidad, los resultados demostraron que sí es posible implementar el proyecto de reemplazar el sistema de enfriamiento (dos chillers) que eficiente el consumo energético en sala de máquinas de la CHFm y reduzca los costos de operación y mantenimiento. El proyecto se ejecutará con fondos propios al 100%, la VAN da resultado mayor que cero L. 2,514,634.81 la TIR obtenida es del 24%, con un periodo de recuperación de 4 años.

Palabras claves: Energía, Sistemas de refrigeración de centrales hidroeléctricas, Eficiencia energética, Auditoria energética, Prefactibilidad.



POSTGRADUATE FACULTY

**ENERGY EFFICIENCY PRE-FEASIBILITY IN AIR CONDITIONING SYSTEM AT
CHFМ**

AUTHORS:

YENI PATRICIA GUEVARA YANES

ELDER NOE BENÍTEZ OSORIO

Abstract

The main purpose of this research project is to present the opportunities to improve the current air conditioning (cooling) system of the Francisco Morazán hydroelectric power plant (CHFМ), which allows reaching the optimum operating temperature in the plant environments, by means of an energy efficiency analysis, to determine the pre-feasibility by conducting a financial technical study that shows the feasibility of partially or totally replacing the cooling system in order to improve energy performance in the CHFМ engine room and the operating conditions in the plant's spaces. The research hypothesis for this evaluated option indicates that operation and maintenance costs will be reduced, as well as energy consumption according to the IBC ratio, being this 1.16, greater than one. A methodology with a quantitative approach was implemented. An economic evaluation was carried out to determine profitability. The results showed that it is possible to implement the project to replace the cooling system (two chillers) that will efficient energy consumption in the CHFМ's engine room and reduce operation and maintenance costs. The project will be executed with 100% own funds, the NPV gives a result greater than zero L. 2,514,634.81 The IRR obtained is 24%, with a payback period of 4 years.

Keywords: Energy, power plant refrigeration systems hydroelectric, Energy efficiency, Energy audit, Pre-feasibility.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida y formación profesional.

A mis padres Manuel Arsenio Guevara y María del Carmen Yanes por creer en mí y mis capacidades y apoyarme para cumplir otro logro en mi vida, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos Maynor y Rony por estar siempre cuando los he necesitado.

A Endre Cárcamo por su apoyo incondicional y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

YENI PATRICIA GUEVARA YANES

Dedico este documento de tesis primeramente Dios por haber cuidado de mí todo este tiempo que pase en mis estudios por haberme dado todo lo necesario para poder triunfar. Por cada regalo de gracia que me ha dado y que inmerecidamente he recibido.

A mi madre Rosa Osorio gracias por el apoyo que me has dado desde la infancia hasta ahora y porque siempre has trabajado para darnos lo mejor a mis hermanos y a mí. Por estar en cada etapa de mi vida y comprenderme en los momentos más difíciles.

A mi esposa Katia Barahona, mi hijo Ethan Benítez por apoyarme en todo momento y ayudarme cuando más lo he necesitado, por ser esas personas que me inspiran a seguir adelante.

ELDER NOÉ BENÍTEZ OSORIO

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica Centroamericana por brindarnos la oportunidad de formar parte de su programa de postgrado y poder realizar nuestros estudios.

A cada uno de los catedráticos que con dedicación y esmero nos impartieron cátedras, transmitieron sus conocimientos y compartieron sus experiencias a lo largo de la maestría.

A nuestros asesores, Ing. José Rodolfo Sorto Bueso, e Ing. José Gabriel Zorto Aguilera, por su asesoría, experiencia y tiempo dedicado a la elaboración y perfección de nuestro documento de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes del problema.....	2
1.3 Definición del problema	10
1.3.1 Enunciado del problema	11
1.3.2 Formulación del problema	12
1.3.3 Preguntas de investigación.....	13
1.4 Objetivos del proyecto.....	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivo específicos.....	13
1.5 Justificación	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Análisis de la situación actual	17
2.1.1 Análisis del macro – entorno	17
2.1.1.1 Asia.....	18
2.1.1.2 Europa	21
2.1.1.3 Norte América	23
2.1.1.3.1 Estados unidos	23
2.1.2 Análisis del micro – entorno	26
2.1.2.1 Análisis local	29
2.2 Teoría de sustento	33
2.2.1 Energía	34
2.2.1.1 Transformación de la energía.....	34
2.2.1.2 Modelo de energía.....	37

2.2.1.3 Medición y/o evaluación de energía.....	38
2.2.2 Sistemas de refrigeración de centrales hidroeléctricas	40
2.2.2.1 Dimensiones, sistemas de refrigeración en hidroeléctricas.....	40
2.2.2.2 Evaluación, sistemas de aire acondicionado en hidroeléctricas	45
2.2.3 Eficiencia energética.....	45
2.2.3.1 Gestión de eficiencia energética.....	45
2.2.3.2 Iso 50001	46
2.2.3.3 Evaluación de eficiencia energética	47
2.2.4 Auditoría energética.....	47
2.2.4.1 Alcance y límite de la auditoría energética	47
2.2.4.2 Iso 50002	49
2.2.4.3 Etapas de una auditoría energética	49
2.2.4.4 Sistema de gestión de auditoría energética	50
2.2.5 Prefactibilidad	52
2.2.5.1 Estudio técnico	52
2.2.5.2 Estudio económico	54
2.2.6 Índice de costo beneficio	55
2.3 Conceptualización	55
2.3.1 Eficiencia energética.....	55
2.3.2 Estudio técnico.....	55
2.3.2.1 Determinación del tamaño óptimo de la planta.....	55
2.3.2.2 Ingeniería del proyecto.....	56
2.3.2.3 Localización óptima del proyecto	56
2.3.2.4 Adquisición de equipo y maquinaria.....	56
2.3.2.5 Cálculo de las áreas de la planta.....	57

2.3.2.6 Organización del recurso humano.....	57
2.3.3 Estudio económico.....	57
2.3.3.1 Costos financieros	57
2.3.3.2 Inversión total inicial.....	57
2.3.3.3 Depreciación.....	58
2.3.3.4 Costo de capital o tasa mínima de rendimiento.....	58
2.3.3.5 Análisis de sensibilidad.....	58
2.3.4 Variable dependiente índice de costo beneficio.....	59
2.4 Instrumentos	59
2.4.1 Estudio técnico.....	59
2.4.1.1 Diagrama de Sankey.....	59
2.4.1.2 Diagrama de Pareto de energía.....	60
2.4.1.3 Balance energético	60
2.4.1.4 Auditoría energética	60
2.4.1.5 Medidores de energía	61
2.4.1.6 Termómetro	61
2.4.2 Estudio económico.....	61
2.4.2.1 Cotizaciones	61
2.4.2.2 Evaluación económica.....	61
2.4.2.2.1 Valor actual neto (VAN)	62
2.4.2.2.2 Período de recuperación de la inversión.....	62
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	64
3.1 Congruencia metodológica	64
3.1.1 Matriz metodológica	64
3.1.2 Esquema de variables de estudio	65

3.1.3 Operacionalización de las variables	66
3.1.4 Hipótesis	72
3.2 Enfoque y métodos	72
3.3 Diseño de la investigación.....	74
3.4 Técnicas e instrumentos aplicados	75
3.4.1 Auditoría energética.....	75
3.4.2 Medidores de energía.....	76
3.4.3 Termómetro.....	77
3.4.4 Balance energético	78
3.4.5 Diagrama de pareto	78
3.4.6 Depreciación	78
3.4.7 Cotizaciones.....	79
3.5 Fuentes de información	79
3.5.1 Fuentes primaria.....	80
3.5.2 Fuentes secundaria	80
3.6 Limitantes del estudio.....	81
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE ANÁLISIS.....	82
4.1 Estudio técnico	82
4.1.1 Determinación tamaño óptimo del proyecto.....	82
4.1.1.1 Toneladas de refrigeración	83
4.1.2 Localización del proyecto	83
4.1.3 Cálculo áreas de la planta	85
4.1.4 Ingeniería del proyecto	89
4.1.4.1 Especificaciones técnicas	89
4.1.4.2 Adquisición de maquinaria y equipo.....	90

4.1.4.3 Auditoría energética	92
4.1.4.4 Medición de energía	92
4.1.4.5 Medición de temperatura ambiente	96
4.1.4.6 Balance energético	98
4.1.4.6.1 Diagrama de Pareto	101
4.1.5 Organización el recurso humano	102
4.2 Estudio económico	103
4.2.1 Inversión inicial	103
4.2.1.1 Estructura de capital	104
4.2.2 Ahorros generados por consumo eléctrico.....	105
4.2.3 Depreciación de activos fijos	106
4.2.4 Costos de operación y mantenimiento	107
4.2.5 Evaluación económica	108
4.2.5.1 Flujo de caja	109
4.2.5.2 Índice de beneficio costo.....	110
4.2.5.3 Análisis de sensibilidad.....	111
4.3 Comprobación de la hipótesis.....	112
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
5.1 Conclusiones.....	113
5.2 Recomendaciones	113
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD	115
6.1 Título de la propuesta	115
6.2 Justificación	115
6.3 Alcance de la propuesta.....	116
6.4 Descripción y desarrollo a detalle de la propuesta	117
6.4.1 Preparación de la documentación para el concurso de licitación pública:.....	119

6.5 Cronograma de implementación y Presupuesto	121
6.6 Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta.....	124
REFEENCIAS BILIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	132
Anexo 1. Ubicación geográfica de represa hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán.	132
Anexo 2. Carta de autorización de la empresa (CHFM).	133
Anexo 3. Carta de compromiso para asesoría temática.	134
Anexo 4. Equipo de refrigeración de sala de máquinas, proceso de licitación año 2021.....	135
Anexo 6. Analizador de redes instalado en tablero de chillers.....	138
Anexo 7. Continuación tabla depreciación.....	139
Anexo 8. Continuación flujo de caja.	140
Anexo 9. Estructura desglosada del trabajo (EDT)	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Manejadoras de sala de máquinas (caverna).....	4
Tabla 2: Costos manos de obra y frecuencia de visitas.....	5
Tabla 3: Potencia instalada de los componentes del sistema de enfriamiento.....	6
Tabla 4: Componentes del sistema de enfriamiento total, sala de máquinas.....	8
Tabla 5: Estado de equipo actual sistema de enfriamiento parcial, sala de máquinas.....	8
Tabla 6: Procedimientos, condiciones de prueba y metodología bajo los MEPS.....	25
Tabla 7: Acciones de mejora a la eficiencia energética en Latinoamérica.....	28
Tabla 8: Unidades de medida energía.....	39
Tabla 9: Matriz de congruencia metodológica.....	64
Tabla 10: Operacionalización de las variables.....	69
Tabla 11: Plan estratégico de la investigación.....	75
Tabla 12: Ficha de auditoría energética.....	76
Tabla 13: Ficha para cuantificar mediciones eléctricas.....	76
Tabla 14: Ficha para tabular mediciones de temperatura.....	77
Tabla 15: Ficha de balance energético.....	78
Tabla 16: Ficha de depreciación de activo fijo.....	79
Tabla 17: Ficha para registro de cotizaciones.....	79
Tabla 18: Toneladas de refrigeración por equipo.....	83
Tabla 19: Estimación de carga térmica recinto sala de máquinas.....	86
Tabla 20: Pérdida de carga en transformador.....	87
Tabla 21: Carga térmica recintos evaluados en caverna de CHF.	88
Tabla 22. Especificaciones técnicas de unidades de aire acondicionado.....	89
Tabla 23: Suministro, montaje y puesta en marcha de unidades aire acondicionado.....	92
Tabla 24: Medición de energía en tableros eléctricos.....	95
Tabla 25: Mediciones de temperatura en caverna de CHF.....	97
Tabla 26: Promedio de medición de temperatura en áreas de caverna.....	98
Tabla 27: Identificación de usos significativos de energía.....	99
Tabla 28: Inversión inicial para reemplazo de equipo de refrigeración.....	104
Tabla 29. Costo de capital ponderado.....	104

Tabla 30: Representación de ahorros generados.	105
Tabla 31: Depreciación del equipo en línea recta.	106
Tabla 32: Costos de operación y mantenimiento de equipo actual versus nuevo.	107
Tabla 33: Costo de operación y mantenimiento.	108
Tabla 34: Flujo de caja.	109
Tabla 35: Resultados de flujo de caja.	110
Tabla 36: Análisis de beneficio costo, inversión con fondos propios.	110
Tabla 37: Análisis de sensibilidad.	111
Tabla 38: Plan de inversión para proyecto reemplazo sistema de aire acondicionado.	124
Tabla 39: Congruencia del plan de acción.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Medición de temperatura en casa de máquinas (Caverna).	7
Figura 2: Promedio de temperatura por espacio en sala de máquinas.	10
Figura 3: Análisis de temperatura.	11
Figura 4: Brecha de estudio.....	12
Figura 5: Consumo mundial de energía primaria, proyección mundial de consumo.....	18
Figura 6: Consumo de energía primaria en Asia.	18
Figura 7: Consumo eléctrico de aire acondicionado residencial.	19
Figura 8: Comparación de eficiencia de aire acondicionado entre varios países.....	19
Figura 9: Proyección de crecimiento de aire acondicionado global del año 1990 a 2050.	20
Figura 10: Ahorro de energía final acumulada por sectores en España 2021-2030.....	21
Figura 11: Porcentaje de consumo energía eléctrica del total de Unión Europea.	22
Figura 12: Porcentaje de consumo energías renovables en Europa.	22
Figura 13: Incertidumbre y prioridades de acción en el sector energético Europa.	23
Figura 14: Comportamiento de las energías renovables del año 1990 a 2015.	24
Figura 15: Causas que caracterizan el bajo nivel de la gestión energética.....	27
Figura 16: Evolución de capacidad instalada en el sistema eléctrico nacional en MW.....	30
Figura 17: Participación energética por fuente diciembre (2018).....	31
Figura 18: Evolución de la intensidad energética primaria y final.	31
Figura 19: Intensidad energética en Centro América.....	32
Figura 20: Consumo de electricidad en función de sector industrial en Honduras.	33
Figura 21: Energía cinética – mecánica.	35
Figura 22: Energía térmica o calorífica.	35
Figura 23: Energía química.	36
Figura 24: Energía eléctrica.	36
Figura 25: Balance energético.....	38
Figura 26: Tipos de medidores.....	39
Figura 27: Diagrama condensado del sistema de refrigeración de la caverna CHFMs.....	41
Figura 28: Diagrama funcionamiento de chiller.	43
Figura 29: Elementos fundamentales de un sistema de refrigeración.	44

Figura 30: Sistema de agua helada (chillers).	44
Figura 31: Representación conceptual de desempeño energético.	46
Figura 32: Mejoras al aplicar ISO 50001.	48
Figura 33: Etapas de proceso auditoria energética.	49
Figura 34: Esquema del proceso lineal de revisión energética.	51
Figura 35: Partes que conforma un estudio técnico.	52
Figura 36: Estructura del estudio económico.	54
Figura 37. Relación entre variable dependiente y variables independientes.	66
Figura 38: Diagrama de las variables y dimensiones del estudio técnico.	67
Figura 39: Diagrama de las variables y dimensiones del estudio económico.	68
Figura 40: Diagrama de enfoque y métodos de la investigación.	73
Figura 41: Herramienta que se utilizará para tomar mediciones de temperatura.	77
Figura 42: Ubicación geográfica de la CHFM, según oficina técnica.	84
Figura 43: Relación de humedad.	85
Figura 44: Relación potencia versus pérdida de generador.	87
Figura 45: Gráfica estimación pérdidas de calor de transformadores.	88
Figura 46: Pinza amperimétrica.	93
Figura 47. Analizador de red HIOKI 3166 clamp on power hi tester.	94
Figura 48. Analizador de red AMC instrument.	94
Figura 49: Gráfico de potencia, software data view.	95
Figura 50: Termómetro digital de pared marca EXTECH.	96
Figura 51: Termómetro digital.	97
Figura 52: Gráfico de Sankey.	100
Figura 53: Gráfico Sankey, cargas en KW por tablero.	100
Figura 54: Análisis de Pareto diario.	101
Figura 55: Análisis de Pareto mensual.	102
Figura 56: Organigrama de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán.	103
Figura 57: Diagrama de la propuesta.	118
Figura 58: EDT.	122
Figura 59: Cronograma de ejecución del proyecto.	123

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Para la Central Hidroeléctrica Francisco Morazán, es importante contar con el estudio técnico que incluya las variables de (temperatura y humedad) en casa de máquinas denominado Caverna, que es una instalación subterránea, en la que es necesario mantener una temperatura adecuada por medio de un sistema de aire acondicionado que permita que el equipo de generación opere bajo las condiciones propuestas por el fabricante.

Se hará una investigación de prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado, mediante un estudio técnico actual en sala de máquina para evitar daños a equipo y/o desgaste prematuro asegurando el funcionamiento y alargando la vida útil de estos. Y esto podrá ser convertido en costos y gastos actuales versus la implementación de un nuevo sistema de aire acondicionado,

Este proceso se lleva cabo realizando mediciones de temperatura y humedad, en sala de máquinas, con una elevación promedio de 106.95 m.s.n.m. Durante un mes en intervalos de media hora. Para interpretar los datos, promediar las temperaturas y humedad en sitio considerando las variaciones, por carga de trabajo y/o temperatura ambiente externa.

El presente proyecto se ejecutó en el Municipio de Santa Cruz de Yojoa, Cortés e incluye los estudios de prefactibilidad, técnico y económico con el propósito de generar información útil y determinar si la prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM (sala de máquinas) es rentable. Asimismo, si permite reducir la incertidumbre y aumentar las probabilidades de éxito al momento de tomar la decisión de inversión.

El estudio se ejecutó en cuatro meses (mayo de 2020 – septiembre de 2021), período en el cual se realiza la recopilación de información, estudio en sitio, generación de diseño, levantamiento de la situación actual, propuesta de mejora y análisis de costo beneficio.

Es necesario establecer un nuevo sistema de enfriamiento que eficiente el equipo generador de energía en CHFM sala de máquinas (Turbinas, Generadores, Transformadores, cuartos de excitación y cuartos de válvulas esféricas), porque es preciso la implementación de un estudio técnico en donde se evidencie el consumo de KWh por unidades generadores de aire actual, vida útil, capacidad instalada y eficiencia del sistema acondicionado actual. Y determinar la factibilidad de la instalación de un nuevo sistema de aire acondicionado utilizando análisis financiero, que involucren los costos y gastos dentro de los presupuestos. Lo que nos permite calcular el costo por KWh consumido, productividad energética, gasto actual, depreciación y rentabilidad de la nueva implementación.

Después de un análisis en la rentabilidad de la implementación y decidir si está es rentable o no, mediante la sustitución del sistema de enfriamiento actual ya que los equipos en su mayoría tienen 35 años de funcionamiento. Cabe recalcar que en la actualidad los proveedores de refacciones son exclusivos y esto encarece el costo de los repuestos. El sistema de enfriamiento instalado no logra cumplir la temperatura ideal (25 °C) necesaria para el equipo de la generación instalado según especificaciones técnicas. Con la implementación del equipo nuevo se espera reducir los costos actuales en un 25% por concepto de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Por medio de la investigación se determina la viabilidad del proceso de la inversión de implementación de un nuevo sistema de enfriamiento que eficiente la generación energética en CHFM, basándose en los datos obtenidos en el estudio técnico y estos siendo transformados en estudio financiero utilizando la razón financiera retorno de la inversión.

1.2 Antecedentes del problema

Según información de la oficina técnica de la Central Hidroeléctrica Francisco Morazán está se encuentra localizada en la zona central de la República de Honduras entre los polos de desarrollo más importantes del país, a 180 Km de Tegucigalpa, y a 80 Km de San Pedro Sula, esta Central es el resultado de más de quince años de estudio e investigación, las cuales se iniciaron en la década de 1960.

Según oficina técnica de la central hidroeléctrica, esta cuenta con una Casa de Máquinas tipo Caverna de 110 metros de longitud, 30 metros de ancho y 49 metros de altura, donde se alojan cuatro turbinas tipo Francis con capacidad de generación de 75 MW cada una, para un total de 300 Mw. Y dos unidades Auxiliares de 1.7 Mw cada una.

El sistema de aire acondicionado en la central (AACO) tiene una importancia considerable, ya que, en los cuartos de control, monitoreo y excitación de las máquinas principales es necesario mantener una temperatura que oscile en 25°C y un porcentaje de humedad relativa bajo debido a los equipos electrónicos instalados en ellos.

En los cuartos de control se practica ventilar por medio de ventiladores industriales de manera alternativa cuando existen visitas de mantenimiento.

En el caso particular de la caverna se tiene un sistema principal comprendido por tres máquinas de refrigeración (chillers) con capacidad de 1,444 MBTU cada una, para un total de 4,332 MBTU, manejadoras de aire que están compuestas por gabinetes de lámina metálica, serpentín de enfriamiento, motores, poleas ajustables, abanicos centrífugos para descarga y succión de aire. El aire se distribuye por los diferentes ambientes dentro de sala de máquinas por medio de ductos cuadrados de láminas de zinc galvanizadas a través de rejillas, registros y difusores.

La unidad principal AUC (código de manejadoras) que suministra aire acondicionado a la sala de máquinas y oficinas varias están especificadas para trabajar en combinación con el sistema central de ventilación mecánica (monóxido de carbono, humos, taller mecánico, taller eléctrico, estancia y enfermería), el aire viciado que es evacuado hacia el exterior se compensa por una toma de aire de fresco equivalente a un 10% del caudal total de la manejadora de aire por medio de un dámper manejado por el sistema de control neumático ubicado en el ducto de retorno de aire.

Además, el sistema central de ventilación mecánica está dotado de abanicos centrífugos

que cuentan también con unidades auxiliares de los cuales están distribuidos en diferentes cuartos mecánicos. Estos se encargan de mantener a temperatura del agua a 16 °C, que luego es suministrada a una red de manejadoras de aire que por medio de tuberías en un circuito cerrado y estas a su vez mantienen el clima deseado en los cuartos donde se encuentra el equipo de generación de energía (turbinas, cuarto de excitadores, etc.). Actualmente se cuenta con 18 manejadoras, con una capacidad total de 240.09 MBTU.

La tabla 1 muestra el total de las manejadoras en caverna, codificación y la capacidad de toneladas de refrigeración de cada una, así mismo las toneladas de refrigeración en total.

Tabla 1: Manejadoras de sala de máquinas (caverna).

N°	Equipo	TR
1	Manejadora Principal	94
2	Mane. Excitación UPN1	14.6
3	Mane. Excitación UPN2	14.6
4	Mane. Excitación UPN3	14.6
5	Mane. Excitación UPN4	14.6
6	Manejadora UAN2	7.25
7	Manejadora OCD25	9.34
8	Mane. TA11	7.33
9	Mane. TA12	7.33
10	Mane. 13.8 Kv	2.58
11	Mane. Tranfo UPN1	7.64
12	Mane. Tranfo UPN2	7.64
13	Mane. Tranfo UPN3	7.64
14	Mane. Tranfo UPN4	7.64
15	Mane. RTU	2.58
16	Mane. Tranfo Reserva	2.58
17	Mane. Descarga Turbina	2.58
18	Mane. UAN1	7.25
19	Mane. VE UPN2	7.33
20	Mane. VE UPN3	7.33
21	Mane. BH	2.58
Total toneladas de refrigeración		249.02

Fuente: Elaboración propia, datos obtenido en oficinas técnica de la planta.

Además, se cuenta con equipos (chillers) estos se instalaron y operan desde hace 35 años, tiempo en el que se inauguró la central hidroeléctrica Francisco Morazán, los cuales tienen un mantenimiento programado preventivo cada seis meses y mantenimientos correctivos cada tres meses según histórico, los cuales se derivan de imprevistos cada mes y fallas en operación. Los costos de mantenimiento preventivo anual por mano de obra ascienden a L. 409,920.00

La tabla 2 muestra los costos de mano de obra estimados, de acuerdo a las visitas realizadas por el personal técnico al sistema de enfriamiento. Señalando la sección responsable, frecuencia de visita, duración de la misma, cantidad de personas, horas hombre trabajadas, salario promedio diario. Para así estimar el costo de mantenimiento.

Tabla 2: Costos manos de obra y frecuencia de visitas.

Frecuencia de visitas por mantenimiento						Total	L	409,920
No.	Equipo	Frecuencia	Sección	Responsables	Total horas hombre	Salario promedio por hora	Total	
1	Manejadora # 14 celda del transf. Upn4	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
2	Manejadora # 4 cuarto de excitación upn3	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
3	Minisplit del laboratorio eléctrico	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
4	Unidad # 2 válvula esférica upn2	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
5	Máquina de refrigeración no.2	26	Eléctrico	2	24	L 122	L	2,928
6	Bombas de agua fría	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
7	Minisplit sótano de edco	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
8	Unidad # 5 válvula esférica upn4	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
9	Minisplit almacén edco	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
10	Manejadora # 11 celda del transf. Upn1	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
11	Manejadora # 20 válvula esférica upn3	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
12	Máquina de refrigeración no.3	26	Eléctrico	2	24	L 122	L	2,928
13	Unidad central de telemando/sala de control	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
14	Minisplit del cuarto de bajo voltaje	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
15	Manejadora # 12 celda del transf. Upn2	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
16	Minisplit de sala de telemando	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
17	Unidad central de oficinas	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
18	Manejadora # 15 cuarto de r.t.u.	52	Mecánico	2	12	L 122	L	1,464
19	Minisplit de sala de control	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
20	Ductos de circulación de aire	13	Mecánico	2	48	L 122	L	5,856
21	Manejadora # 17 descarga de turbinas	52	Mecánico	2	24	L 122	L	2,928
22	Manejadora # 6 turbinas auxiliares ocd12	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
23	Aire tipo ventana oficina proyectos	52	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
24	Máquina de refrigeración no.3 (limpieza)	52	Mecánico	2	24	L 122	L	2,928
25	Máquina de refrigeración no.2 (limpieza)	52	Mecánico	2	12	L 122	L	1,464
26	Manejadora # 18 turbinas auxiliares ocd11	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
27	Máquina de refrigeración no.1 (limpieza)	52	Mecánico	2	24	L 122	L	2,928
28	Manejadora # 2 cuarto de excitación upn1	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
29	Unidad # 7 cuarto de válvulas aenf	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928
30	Manejadora # 7 distribución 480 v. Ocd25	26	Electromecánico	2	24	L 122	L	2,928

Fuente: Elaboración propia, datos obtenido en oficinas técnica de la planta.

El promedio del trabajo de mantenimiento preventivo por visita es de seis horas promedio y dos mantenimientos especiales de 42 horas de las cuales 246 horas son consumidas en mantenimiento preventivo, tiempo en el cual las unidades de enfriamiento no están disponibles. Representando un 4% de horas no hábiles, o no está disponible la unidad de aire.

El uso de energía actualmente en el sistema de aire acondicionado se estima por medio de cálculo físico matemático que orienta cuanto podría ser el consumo del sistema de refrigeración por medio de la información de placa de la potencia de los equipos y tiempo de trabajo de los mismos.

La tabla 3 lista la potencia instalada de los componentes del sistema de enfriamiento de acuerdo a las unidades de condensación, internas y externas, sub-unidades y las especificaciones técnicas de cada una.

Tabla 3: Potencia instalada de los componentes del sistema de enfriamiento.

No.	Unidad	Sub-unidad	Cantidad	Potencia (MBTU)	Código	Especificaciones técnicas
1	Unidad de condensación	Máquina de refrigeración	3	1,444	AACO 01	AACO 0100: Máquina de refrigeración (CHILLERS) Capacidad de 1444 MBTU, voltaje de control de 115 voltios y características eléctricas, 460 voltios/3 fases/60 ciclos.
2	Unidades internas	Manejadora principal AUC 1	1	1130.9	AACO 02	Capacidad de enfriamiento: 1130.9 MBTH (1,132,900 BTUH=332.63 KW). Presión estática total: 1.26 columna de agua (32 mm). Rpm del ventilador:930 RPM. Motor: 3/4 HP, 460/3/60
3		Manejadoras AUC 2	4	91.5	AACO 02	Capacidad de enfriamiento va desde 91.5 MBH (91500 MBTU= 26.9kW) hasta 169.3 MBTU (49.62 KW) Presion estatica total: 63 columna de agua (41.4 mm). Rpm: 1686 rpm. Motor: 1.5 hp, 460/3/60
		Manejadoras AUC 3	4	169.3	AUC 3	
		Manejadoras AUC 4	6	87.8	AUC 4	
		Manejadoras AUC 5	1	112.2	AUC 5	
		Manejadoras AUC 6	2	34	AUC 6	
4	Unidades externas	Unidad Paquete	7	0.12	AACO 07	Capacidad de enfriamiento: 120000 MBTU=35 Kw

Fuente: Elaboración propia, manual de sistema de aire acondicionado y ventilación.

El equipo de aire acondicionado y ventilación también juega un rol importante en el combate de incendios, ya que al haber un incendio y se active la zona, el equipo de aire relacionado a esa zona en particular es desactivado automáticamente para que no alimente el fuego.

Basada en el texto de informe redactado por la Ing. Practicante Daniela Rosario Alvarado Reyes, de Universidad Católica de Honduras, campus Santa Rosa de Lima, sobre control de

temperatura y humedad en caverna. Demostró un incremento en cuanto a temperatura y humedad según carga de trabajo en diferentes intervalos de tiempo, durante siete días.

En la figura 1 se puede apreciar la medición de temperaturas realizada en caverna de la Central hidroeléctrica Francisco Morazán, por Ingeniero practicante, de Universidad católica de Honduras, Santa Rosa de Lima. En enero del año 2021. Gráfico que demostró un incremento en temperatura, siendo 37°C, la lectura más alta.

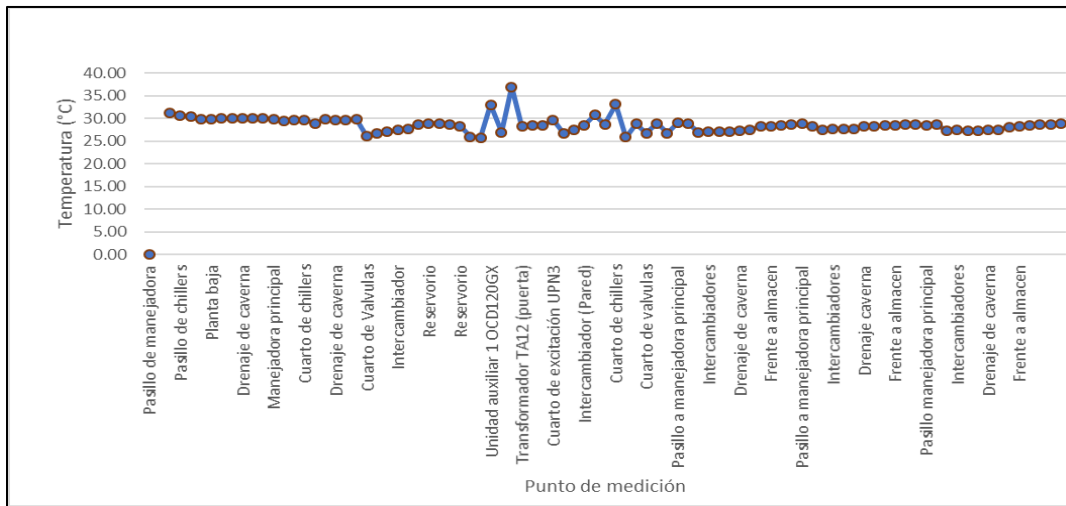


Figura 1: Medición de temperatura en casa de máquinas (Caverna).

Fuente: Informe técnico de Ingeniero practicante, de Universidad católica de Honduras, Santa Rosa de Lima.

Tabla 4 muestra resultados basados en la investigación realizada en la oficina técnica de la Central, así como investigación de campo el sistema de Aire acondicionado de Casa de Maquinas está compuesto por el siguiente equipo.

Tabla 4: Componentes del sistema de enfriamiento total, sala de máquinas.

No.	Unidad	Sub-unidad	Cantidad	Código	Especificaciones técnicas
1	Aire Acondicionado	Máquina de refrigeración	3	AACO 01	AACO 0100: Máquina de refrigeración (CHILLERS) Capacidad de 1444 MBTU, voltaje de control de 115 voltios y características eléctricas, 460 voltios/3 fases/60 ciclos.
2		Manejadora principal	1	AACO 02	Capacidad de enfriamiento: 112.2MBH (112200 BTUH=33KW). Presión estática total: 1.26 columna de agua (32 mm). Rpm del ventilador:930 RPM. Motor: 3/4 HP, 460/3/60
3		Manejadoras	17	AACO 02	Capacidad de enfriamiento: 91.5 MBH (91500 BTU= 26.9kW). Presión estática total: 63 columna de agua (41.4 mm). Rpm: 1686 rpm. Motor: 1.5 hp, 460/3/60
4		Unidad Paquete	7	AACO 07	Capacidad de enfriamiento: 120000 BTU=35 Kw

Fuente: Elaboración propia, con datos de la planta.

En la tabla 5 se presenta una parte del equipo de enfriamiento en su estado actual. Encontrando, máquina uno trabajando el 50% sus compresores, las unidades paquetes están deshabilitadas su sistema de enfriamiento funcionado únicamente su ventilador. El resto de las unidades de enfriamiento tiene 30 años de operación sin reemplazo.

Tabla 5: Estado de equipo actual sistema de enfriamiento parcial, sala de máquinas.

N°	Sub-unidad	Estado actual	Observaciones
1	AACO: 0101: Máquina de refrigeración N°1	1. Compresor N°1 fuera de servicio. 2. Compresor N°2 (re manufacturado) en servicio.	Unidades con casi 35 años de trabajo, actualmente cada una cuenta con un compresor re manufacturado. Además, el refrigerante R22 ya es escaso, está por salir del mercado debido a la
2	AACO 0102: Máquina de refrigeración N°2	1. Compresor N°1 (re manufacturado) en servicio. 2. Compresor N°2 en servicio. 3. Es necesario verificar si el automatismo está bien, ya que entra y sale de servicio. 4. Necesaria revisión o cambio de válvula de salida intercambiador de calor de nivel 114.	
3	AACO 0103: Máquina de refrigeración N°3	1. Compresor N°2 válvula atascada 50%, no regula carga de manera adecuada y circuito operando de manera ineficiente. 2. Válvulas de entrada, salida del intercambiador de calor nivel 114, necesario su reemplazo. calor nivel 114, necesario su reemplazo. 3. Reemplazo de Válvula de Condensación de agua hacia Desfogue de UPN2. 4. Cambio de instrumentos de medición (termómetros, manómetros, sensores) en todo el sistema.	
4	AACO 0201: Manejadora Principal.	1. Excesiva humedad dentro de manejadora. 2. Es necesario siempre realizarle V2 cada 15 días. 3. Necesaria fabricación de polea del motor de accionamiento (ya está cónica). 4. Revisión-reparación de ductos de admisión y descarga de aire (soportes y aislante térmico). 5. Limpieza/reemplazo de filtros de admisión de aire de recirculación y de refresco. 6. Revisión-reparación de tuberías de entrada-salida de agua fría (soportes, válvulas de paso y aislamiento térmico).	

Continuación de tabla 5.

Nº	Sub-unidad	Estado actual	Observaciones
5	AACO 0202: Cuarto excitación UPN1.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
6	AACO 0203: Cuarto excitación UPN2.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
7	AACO 0204: Cuarto excitación UPN3.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
8	AACO 0205: Cuarto excitación UPN4	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
9	AACO 0207: CUARTO OCD-25.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	Nota: Para todas las manejadoras de aire, es necesario el reemplazo de la tubería de drenaje, ya que están completamente dañadas.
10	AACO 0209: Cuarto transformador TA 12.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
11	AACO 0210: Manejadora cuarto 13.8KV.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
12	AACO 0215: Estación remota R.T.U	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
13	AACO 0216: Transformador de reserva.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
14	AACO 0218: Manejadora del cuarto UAN1.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
15	AACO 0219: Manejadora descarga de turbina.	1.Necesario el reemplazo de caracol y ventilador.	
16	AACO 0400: Red de distribución de agua fría.	1.Daños severos en aislante de tuberías, soportes y válvulas para todas las manejadoras en diferentes niveles. 2.Necesario establecer un alcance de trabajo, para definir recursos.	
17	AACO 0701: Unidades A/C GOB. UPN1.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
18	AACO 0702: Unidad A/C valv. Esférica UPN1.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar. 3.Se montó una manejadora de aire de menor capacidad.	
19	AACO 0703: Unidad A/C valv. Esférica UPN2.	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar. 3.Se montó una manejadora de aire de menor capacidad.	
20	AACO 0704: Unidad A/C gobernador UPN3 .	1.Unidad con más de 30 años de trabajo. 2.Necesario reemplazar.	
21	AACO 0705: Unidad A/C valv. Esférica UPN4.	1.Fuera de servicio, solo opera como ventilador, problemas en condensador. 2.Revisar condensador.	
22	AACO 0706: Unidad A/C gobernador	1.Fuera de servicio. 2.Necesario reemplazar.	
23	AACO 0707: Unidad A/C en cuarto de válvulas de AENF.	1.No hay compresores y evaporador dañado, unidad operando al 50%. 2.Necesario reemplazar.	
24	AACO 0708: Unidad A/C taller mecánico.	1.Operando al 50%, con múltiples reparaciones, fallas en condensador y válvulas de expansión. Necesario	
25	AACO 0709: Unidad N°9 en almacén de caverna.	1.Fuera de servicio. 2.Necesario reemplazar.	

Fuente: Elaboración propia con datos de oficina técnica de la planta.

La deficiencia energética se genera porque los equipos generadores ubicados en sala de máquinas no se enfrían a temperaturas descrita en la ficha técnica y por consiguiente existe una alta probabilidad de sobrecalentamiento en los mismos. Y al sobrecalentarse estos no se puede generar energía eléctrica.

La figura 2 muestra mediciones de temperaturas en diferentes áreas de sala de máquinas. De acuerdo a las lecturas se encuentra que la temperatura actual estable oscila entre 27°C y 37°C, cuando la temperatura ambiente requerida es de 25°C.

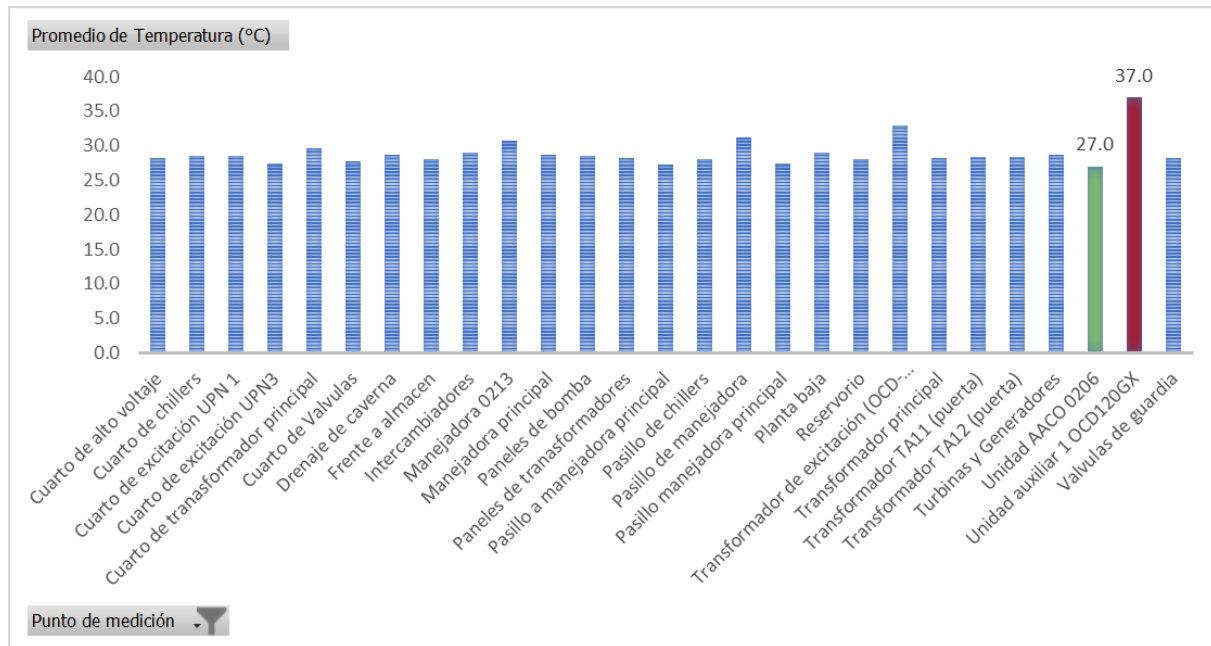


Figura 2: Promedio de temperatura por espacio en sala de máquinas.

Fuente: Elaboración propia con datos de planta.

No se encontraron estudios previos de este tema, relacionado con mediciones de temperatura en caverna de centrales hidroeléctricas.

1.3 Definición del problema

Baca Urbina (2010) afirma: “Tal vez ésta es la tarea más difícil, ya que implica un conocimiento completo del problema. Si no es así, el planteamiento de solución será incorrecto” (pág. 14).

1.3.1 Enunciado del problema

Actualmente se presenta sobrecalentamiento en los equipos de generación de energía, esto debido a que el sistema de enfriamiento (chillers, manejadoras y unidades paquete) en la sala de máquinas conformada por unidad principal uno (UPN), turbinas, generador, válvulas de guarda, regulador de velocidad, sistemas auxiliares, transformadores de unidad, sistemas de medición, cables de 230v, etc.), no alcanza los 25°C de temperatura ambiente requeridos para funcionar en condiciones normales de operación.

El sistema de enfriamiento actualmente no logra ayudarles a los equipos a alcanzar la temperatura de operación requerida, la cual es especificada en la ficha técnica de operación de los generadores. (25°C) estas temperaturas actualmente oscilan entre 30°C y 45°C, lo que acelera la corrosión en los equipos, causando fallas en sistemas hidráulicos y eléctricos.

En la figura 3 se puede observar el análisis de la temperatura ideal de los equipos generadores de energía, comparada con la temperatura real, en donde se aprecia una brecha de 5°C en promedio de manera constante, esto debido a que el equipo de enfriamiento es obsoleto. Evidenciando que, si tan solo se parara una hora el equipo de generación, no se generaría 270,491 KWh, siendo la pérdida \$26,237.63, equivalente a L. 634,950.57. Basado en página oficial del ODS, 30 abril 2021.

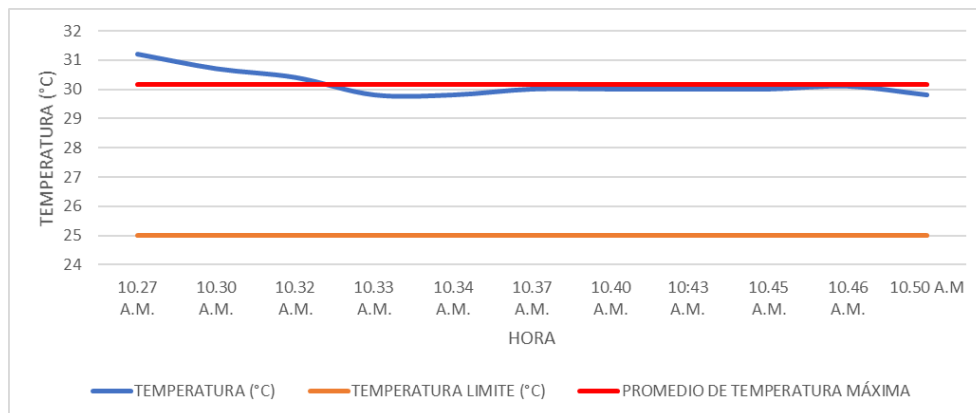


Figura 3: Análisis de temperatura.

Fuente: Informe técnico de Ingeniero practicante, de Universidad católica de Honduras, Santa Rosa de Lima.

De acuerdo al Programa Anual de Caja (PAC) se destina para los gastos por mantenimiento un total de L. 2,000,000.00, no se cuenta con medición de consumo energético generado por el sistema de aire acondicionado.

La figura 4 muestra la brecha de estudio orientado al costo de mantenimiento actual, versus costo de mantenimiento deseado.

	Costo de Mantenimiento actual	Costo de Mantenimiento ideal	Brecha
Esenario actual	L2,000,000.00		
Esenario Ideal		L755,650.00	
Brecha			L1,244,350.00

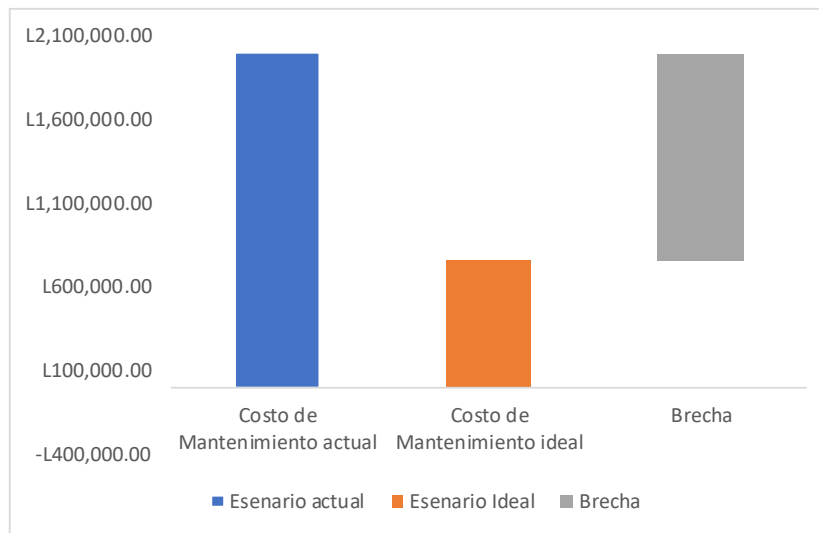


Figura 4: Brecha de estudio.

Fuente: Elaboración propia, datos obtenido en oficinas técnica de la planta.

1.3.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el sistema de aire acondicionado actual en la sala de máquinas de la CHFM que afecta la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica?

1.3.3 Preguntas de investigación

1. ¿Cuánto es el consumo energético generado por el sistema de aire acondicionado actual?
2. ¿Cuánta carga térmica dentro de la planta hidroeléctrica es la que se necesita controlar para mantener la temperatura óptima de operación en caverna?
3. ¿Cuáles son las posibilidades de mejora en el sistema de enfriamiento que permita la viabilidad técnica y financiera en la implementación de un nuevo sistema de aire acondicionado que logre mejorar la eficiencia energética en sala de máquinas de la CHFM?
4. ¿Será factible económica y financiera la implementación de un nuevo sistema de aire acondicionado?

1.4 Objetivos del proyecto

En esta sección del presente estudio se muestran los objetivos que se pretenden validar mediante los estudios técnico y económico.

1.4.1 Objetivo general

Determinar las oportunidades de mejora que permitan la viabilidad técnica y económica de cambiar el sistema de enfriamiento actual de la sala de máquinas de la CHFM, que logre mejorar la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica.

1.4.2 Objetivo específicos

1. Realizar mediciones para cuantificar el consumo energético del sistema de aire acondicionado actual.
2. Estimar la carga térmica que se genera dentro de la planta hidroeléctrica.

3. Determinar las posibles mejoras en el sistema de enfriamiento que permita mejorar la eficiencia energética de la central hidroeléctrica Francisco Morazán.
4. Evaluar la viabilidad económica y financiera del cambio del sistema de enfriamiento actual por un nuevo sistema de enfriamiento.
5. Elaborar una propuesta técnico económica para la implementación de un nuevo sistema de enfriamiento más eficiente que ayude a mantener una temperatura adecuada en sala de máquinas de la CHFM.

1.5 Justificación

Para la Central Hidroeléctrica General Francisco Morazán, el montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado, es una adquisición de importancia para el funcionamiento de este sistema por las siguientes razones:

1. Por tener en la central una casa de máquinas de tipo subterránea, el control de la humedad relativa y la temperatura ambiente es necesario para el correcto funcionamiento ideal de los equipos.
2. En la central el equipo de acondicionamiento de aire cuenta con más de 35 años de servicio, por ende, está obsoleto. Los costos por mantenimiento ascienden a más de L. 2,000,000.00 anuales, valor presupuestado por ente regulador de la central. Programa anual de caja (PAC)
3. Por ser un sistema de enfriamiento discontinuado los repuestos son adquiridas a proveedores exclusivos, no se encuentran en el mercado local. Por tal razón los costos son elevados.
4. El sistema de enfriamiento actual no logra cumplir la temperatura ideal (25 °C) a la cual debe estar el equipo de generación instalado.

Como consecuencia de lo anterior la alta humedad relativa afecta el funcionamiento del sistema de aire comprimido provocando contaminación en los aceites hidráulicos y corrosión

interna en los tanques, así como daños a los componentes hidráulicos de precisión que conforman el regulador de velocidad y control de la Válvula Esférica de cada unidad generadora.

La alta temperatura que oscila entre 27°C y 45°C, en los diferentes recintos afecta la labor de los equipos electrónicos de control instalados en la central. Los cuartos que no pueden operar con el sistema de acondicionamiento de aire son:

1. Cuartos de transformadores auxiliares.
2. Cuarto de bajo voltaje, donde se encuentran los equipos que constituyen la columna vertebral del servicio propio de la central, el cual debe operar en óptimas condiciones a fin de mantener en servicio los equipos de generación.
3. Los cuartos del equipo de cómputo y donde se encuentran las estaciones remotas del sistema SCADA también deben estar climatizadas, ya que son equipos electrónicos y de presentarse una falla en los mismos se pone en riesgo la operación de las unidades de generación.
4. En los cuartos donde están los sistemas de regulación automática de voltaje (AVR) debe estar a una temperatura ambiente entre (25°C y 28°C), ya que los equipos electrónicos de los reguladores de voltaje son susceptibles a las altas temperaturas, los que en caso de falla nos deja fuera de servicio la unidad generadora afectada.

El personal que labora en la casa de máquinas subterránea, debe permanecer a una temperatura de condiciones ambientales de 27°C, para poder desempeñar su labor adecuadamente, de acuerdo a reglamento de Higiene y Seguridad industrial.

De acuerdo a los criterios para evaluar la investigación, esta es de conveniencia debido a que es necesario demostrar la discontinuidad del equipo de enfriamiento actualmente instalado, así como la necesidad de volver más eficiente el sistema de acondicionamiento de aire, mediante la sustitución del equipo actual. Esto beneficiará a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), evitando el sobrecalentamiento de los dispositivos electrónicos de control de los

generadores y hasta los posibles paros totales de la maquinaria y no generación de energía hidroeléctrica.

Lo que sirve para reducir los costos de mantenimiento, tener repuestos más accesibles en el mercado nacional e internacional, y garantizar el buen funcionamiento de los equipos instalados en casa de máquinas para que estos generen la energía eléctrica.

Y es de implicación práctica porque ayudaría a resolver el problema real actual, altas temperaturas en el ambiente en los cuartos o recintos donde se encuentra el equipo de control, monitoreo, generación y transformación, como también a la reducción del consumo de los KWh actual.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presenta la recopilación bibliográfica relacionada con el tema de investigación. Se comienza con el análisis de la situación actual, para luego pasar a conocer y conceptualizar las teorías que sustentan la investigación, y los métodos físicos, matemáticos y técnicos que se utilizarán para determinar la eficiencia del sistema actual y la posibilidad de implementar un nuevo sistema de enfriamiento más eficiente.

2.1 Análisis de la situación actual

2.1.1 Análisis del macro – entorno

Según información del Banco Mundial (2017), en las organizaciones a nivel mundial, la eficiencia energética es una de las mejores opciones que posee un costo bajo para cumplir con los requerimientos respecto al cambio climático junto con otros beneficios como para el desarrollo, tales como seguridad energética, presión más baja sobre los presupuestos nacional, mayor confiabilidad en los sistemas de energía eléctrica y mayor competitividad a nivel empresarial.

En la figura 5 se detalla gráficamente lo relacionado al 13 de diciembre del 2007. Fecha en la que se firmó el Tratado de Lisboa que entró en vigencia el 1 de diciembre del 2009, el cual coloca la energía como una de las principales actividades económicas que debe propiciar la eficiencia energética de los Estados miembros de la Unión Europea, los que deben establecer instrumentos para prevenir situaciones de crisis y cooperar entre sí a través de políticas y métodos que tengan la responsabilidad de preservar el medio ambiente. (Parlamento Europeo, 2019)

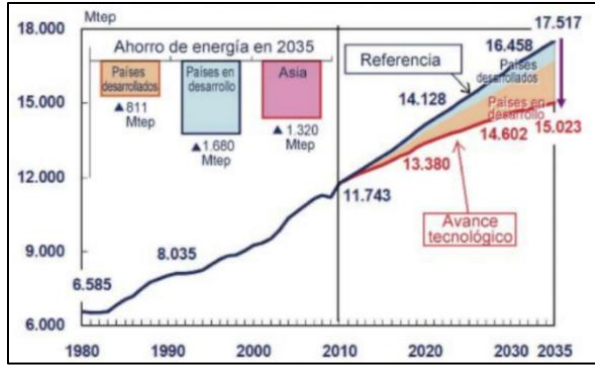


Figura 5: Consumo mundial de energía primaria, proyección mundial de consumo.

Fuente: Instituto de Energía y Economía de japon (2020).

2.1.1.1 Asia

La División de Cooperación Internacional, ECCJ (2017) manifiesta:

Es bien sabido que los niveles del consumo de energía han aumentado rápidamente en las regiones donde el desarrollo económico ha ido avanzando rápidamente en los últimos años, como es el caso de Asia. esta tendencia ha sido en particular muy marcada en países no miembros de OCDE, como son China e India. Es de prever que esta tendencia continúe en el futuro, y es sumamente preocupante que, como consecuencia, el aumento de niveles de emisiones CO₂, asociado con el consumo de combustibles fósiles, tenga un impacto significativo sobre el cambio climático a escala mundial. (pág. 1)

La figura 6 muestra el consumo de energía primaria en Asia.

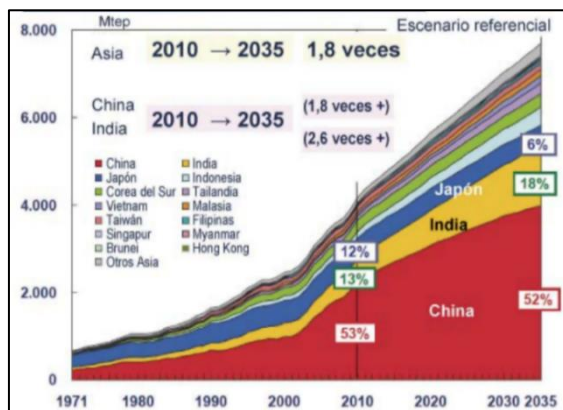


Figura 6: Consumo de energía primaria en Asia.

Fuente: Instituto de Energía y Economía de japon (2020).

En el caso de la eficiencia energética en los sistemas de aire acondicionado, Japón ha desarrollado una de las tecnologías más avanzadas para mejorar la eficiencia en los consumos llámese calefacción, refrigeración y cámaras frigoríficas que les han denominado las "bombas de calor", estas logran una transferencia eficiente de la energía térmica además de combinar el inversor con factores ambientales como la temperatura, logrando altas tasas de eficiencia. (ECCJ, 2017)

La figura 7 detalla el consumo energético de aire acondicionado residencial en Japón, mostrando la tendencia en mejoras de consumo desde el año 1995 al año 2009.



Figura 7: Consumo eléctrico de aire acondicionado residencial.

Fuente: METI (2017).

La figura 8 muestra comparativos de eficiencia energética de acondicionadores de aire entre países como Japón, USA, Unión europea, China y Tailandia. COP es un indicador de Eficiencia Energética de aire acondicionado (calefacción/refrigeración), definido como rendimiento dividido por consumo de electricidad. El consumo energético por COP es 2.5 Kw

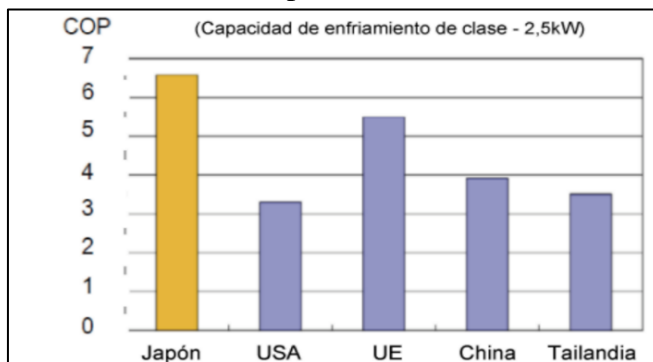


Figura 8: Comparación de eficiencia de aire acondicionado entre varios países.

Fuente: ECCJ (2017).

ECCJ (2017) manifiesta:

Las ventas de unidades de aire acondicionado en el sector residenciales, comerciales e industrial aumentó sustancialmente en todo el mundo durante los últimos años, impulsado por países de ingresos medios donde los hogares y las empresas compran unidades aire de acondicionamiento a ritmos que aumentan rápidamente. Para China, las ventas de unidades de aire acondicionado se han duplicado en los últimos cinco años. (pág. 6)

Según, Banco Mundial, (2017):

En 2013 hubo 64 millones de unidades de aire acondicionado vendidas en China, más de ocho veces de lo vendido en los Estados Unidos. Casi el total universal de las ventas de unidades de aire acondicionado en climas cálidos países del mundo ocurrirá dentro de veinte años. (pág. 8)

La figura 9 muestra regiones mundiales países principales del mundo con altos grados día de enfriamiento CDD (Cooling Degree Days) Un grado día de enfriamiento (CDD) es una medida diseñada para cuantificar la demanda de energía necesaria para enfriar edificios. que se espera que aumenten significativamente el uso de Aire acondicionado en los próximos veinte años. (IEA, 2021)

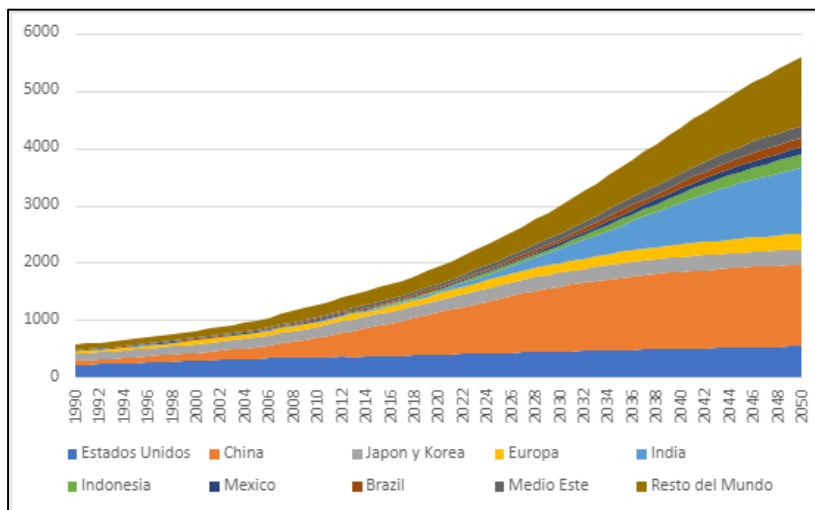


Figura 9: Proyección de crecimiento de aire acondicionado global del año 1990 a 2050.

Fuente: IEA (2021).

2.1.1.2 Europa

La Unión Europea, (2020) afirma:

En Europa, la situación no es diferente según ha mostrado el plan de eficiencia energética que presenta 10 medidas de eficiencia diseñadas mediante un enfoque sectorial, que permita la reducción de los consumos energéticos en diversos sectores incluyendo transportes, industria, hogares y agrícolas. Estos ahorros serán medidos en Mtep (Unidad de medida correspondiente a 1 tep=7.4 barriles de crudo). (pág. 12)

La figura 10 detalla el ahorro de energía acumulada por sectores en España proyectado en 2021 hasta 2030, siendo el de mayor ahorro el sector transporte.

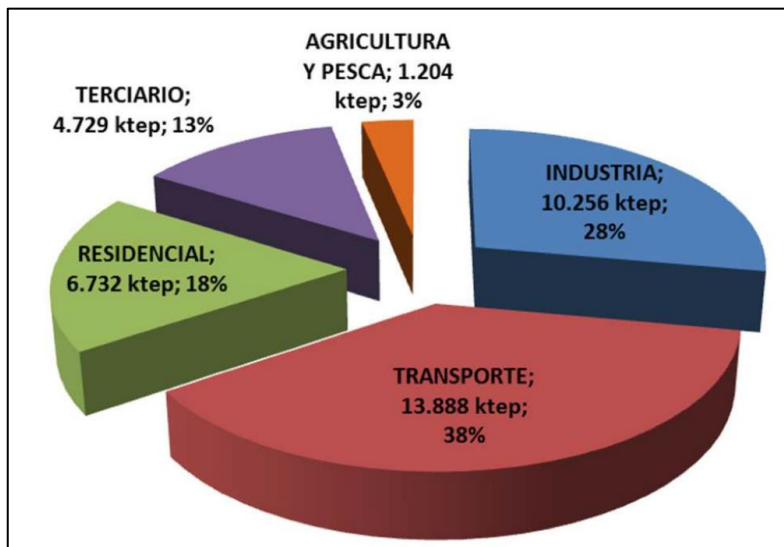


Figura 10: Ahorro de energía final acumulada por sectores en España 2021-2030.

Fuente: MTEE (2019).

La Unión Europea, (2020) afirma:

En gran parte de Europa dos tercios de los edificios están destinados a paneles fotovoltaicos lo que abastece el 20% el resto del consumo proviene de parques eólicos. Teniendo como estrategia que para el año 2030 el objetivo consiste en la reducción del consumo de energía en al menos un 32.5%, eficiencia energética. (pág. 6)

La figura 11 especifica Porcentaje de consumo energía eléctrica del total de Unión Europea. Siendo la energía no renovable la de mayor consumo con un 73%.

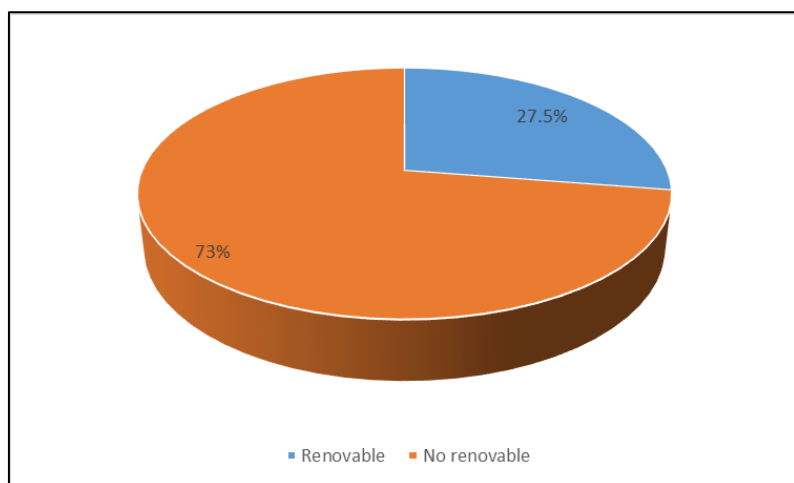


Figura 11: Porcentaje de consumo energía eléctrica del total de Unión Europea.

Fuente: Unión europea segundo informe energético, febrero 2017.

La figura 12 puntualiza el consumo de energético renovable en Europa.

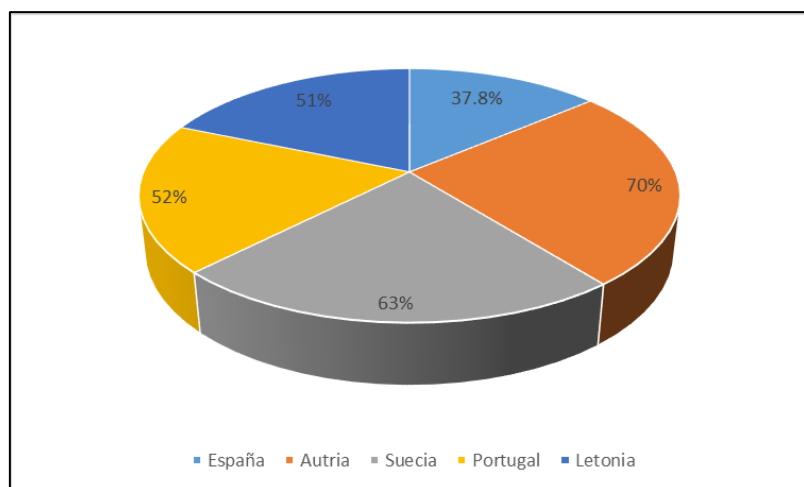


Figura 12: Porcentaje de consumo energías renovables en Europa.

Fuente: Unión europea segundo informe energético, febrero 2017.

La figura 13 define la incertidumbre y prioridades de acción en el sector energético de Europa. Razones que preocupan más a los líderes del sector de energía, así como las que ocupan el tiempo de los líderes del sector energía.

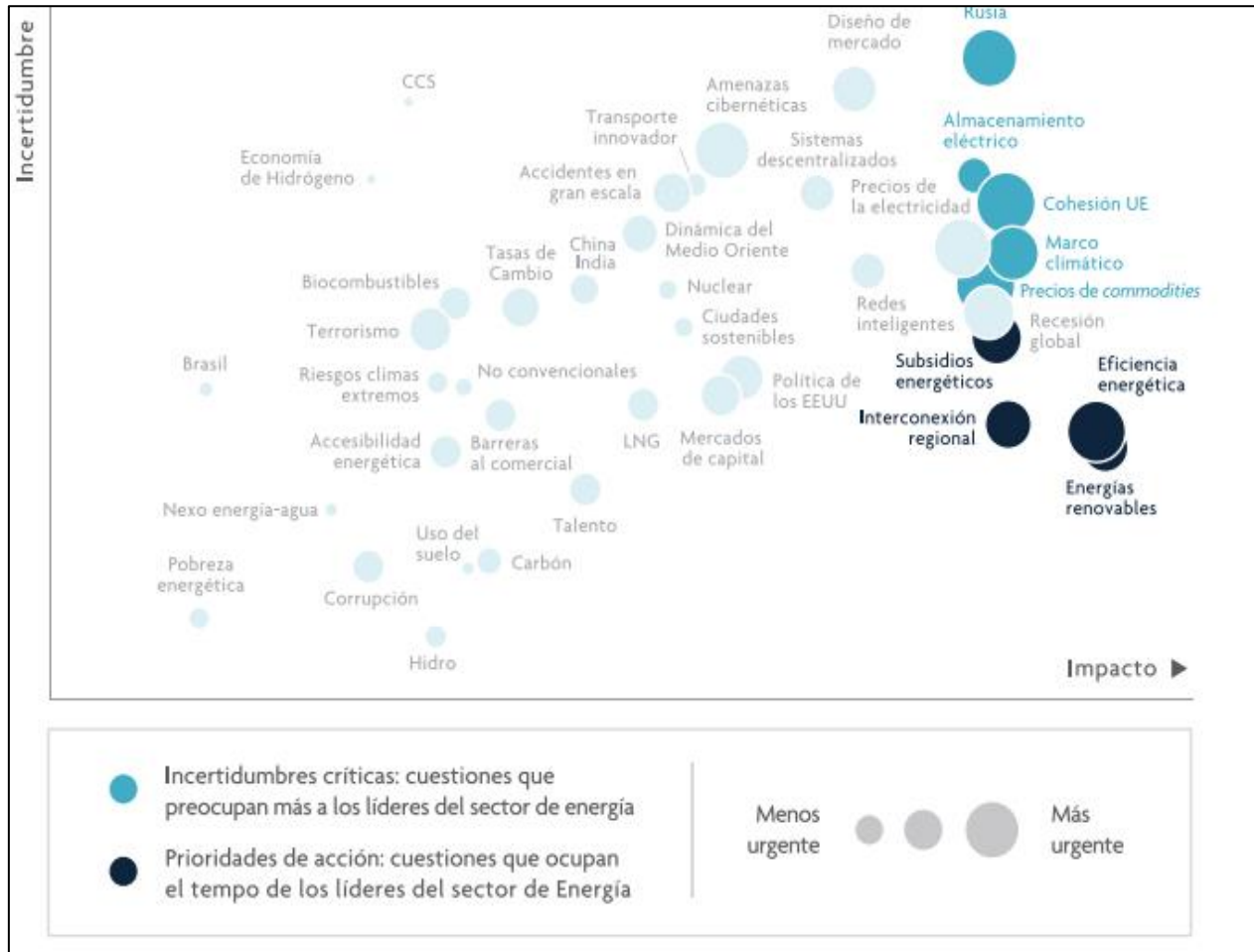


Figura 13: Incertidumbre y prioridades de acción en el sector energético Europa.

Fuente: FGV energía (2018).

2.1.1.3 Norte América

2.1.1.3.1 Estados Unidos

Según Travis Fisher (2019), Estados Unidos de América es el mayor consumidor de energía del mundo su dependencia de los combustibles fósiles lo hacen mirar hacia el futuro y durante los últimos 30 años ha fomentado la eficiencia energética como objetivo de suministrar la energía en el país.

La figura 14 detalla el comportamiento de las energías renovables del año 1990 al año 2015 en las regiones de Estados Unidos de América.

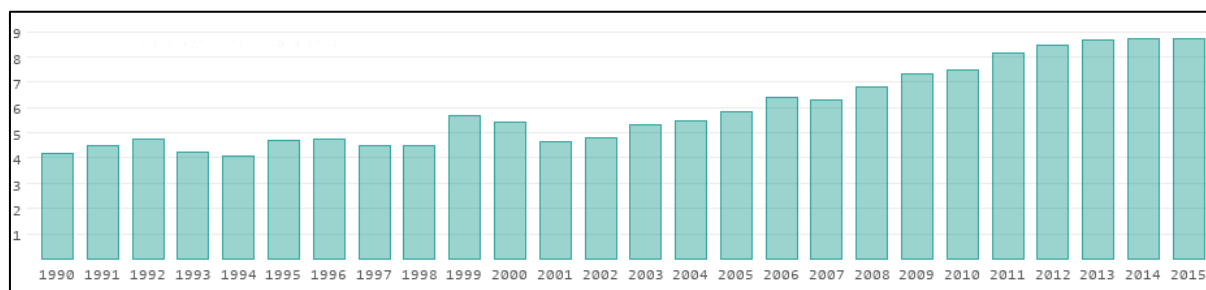


Figura 14: Comportamiento de las energías renovables del año 1990 a 2015.

Fuente: Travis Fisher (2019).

ITEEAC (2017) enuncia:

En este país existen dos programas de etiquetas de aprobación voluntarias. El primero orientado a artefactos de uso en oficinas corresponde al Energy Star que es un esfuerzo coordinado entre la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y el Departamento de Energía (DOE). Entre los equipos incorporados están los acondicionadores de aire. Adicionalmente, la organización sin fines de lucro Green Seal implementó, desde 1992, un etiquetado para diversos artefactos, entre los cuales se encuentran los equipos de aire acondicionado. (pág. 29)

ITEEAC (2017) manifiesta que en la actualidad, el Código de Regulaciones Federales establece que todos los aparatos de aire acondicionado, así como los dispositivos de calentamiento, deben ser probados según las instrucciones indicadas de los fabricantes. Además, se establecen exigencias de cumplimiento de nivel de eficiencia diferenciados según el tipo de aparato y su capacidad de enfriamiento y/o calentamiento. Dado que Estados Unidos es un referente a nivel mundial en lo que a normativa respecta, y es un mercado de gran tamaño,

resulta relevante conocer el alcance de su marco normativo en lo relacionado con el estándar mínimo de eficiencia energética (MEPS) de equipos de aire acondicionado.

ITEEAC (2017) sustenta:

El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) comenzó el primer ciclo de regulaciones en septiembre de 1997, acorde al Registro Federal 62 FR 5012237. Para lograr mantener actualizada la normativa, la Ley de Política y Conservación Energética (EPCA) requiere que en un plazo de no más de 6 años el DOE realice una notificación de propuesta regulativa, (NOPR, Aviso de propuesta de reglamentación), determinando si es necesario modificar los estándares vigentes. (pág. 30)

La tabla 6 define el programa de MEPS para acondicionamiento de aire incluye equipos de aire acondicionado doméstico, aire acondicionado central y bombas de calor, y aire acondicionado comercial. Procedimientos, condiciones de prueba y metodología utilizada para los equipos establecidos bajo los MEPS. ITEEAC (2017)

Tabla 6: Procedimientos, condiciones de prueba y metodología bajo los MEPS.

Clasificación	Procedimiento de prueba	Condiciones de prueba	Metodología
Aire acondicionado doméstico	CFR 430 Sub parte B, Apéndice F	ANSI/AHAM RAC-1-1982	ASHRAE-16-69
Aire acondicionado central doméstico	CFR 430 Apéndice M	ARI 210/240-89	ASHRAE-37
Aire acondicionado empaquetados	ASHRAE 90-1	ARI-310/380	ASHRAE-16-69, ASHRAE-37
Aires acondicionados comerciales pequeños	ASHRAE 90-1	ARI 210/240-89	ASHRAE-37
Aires acondicionados comerciales grandes	ASHRAE 90-1	ARI 360, ARI 340	ASHRAE-37

Fuente: ITEEAC (2017).

Según la investigación de BSRIA (2018), en EE. UU. Indica que el valor del mercado de sistemas centrales aire acondicionado aumentó alrededor de un 6% en 2018 para llegar a 3.2

mil millones de dólares. Esto lo confirma el nuevo estudio de mercado de BSRIA (2018), denominado Central Plant Air Conditioning Study. Estas cifras incluyen las ventas combinadas de chillers, manejadoras de aire AHU, Fan and coil, sistemas de volumen de aire variable VAV y otras unidades centrales.

2.1.2 Análisis del micro – entorno

En América Latina y El Caribe se han implementados diversas acciones ligadas a la eficiencia energética en las organizaciones. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2013) señala que en los 27 países de América Latina y El Caribe miembros de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE) han implementado diversos programas y acciones nacionales para promover y desarrollar la eficiencia energética, lo que ha provocado diversos avances normativos e institucionales con resultados efectivos a corto y largo plazo.

Boroto (2005) afirma:

La experiencia demuestra que los ahorros de energía sólo son significativos y perdurables en el tiempo cuando se logran en el marco de un sistema integral de gestión energética, que trate la energía como un recurso más, bajo el control de la administración de la empresa. El consumo de energía es un gasto controlable, y la función de una buena gerencia es mantener este control. (pág. 66)

Boroto (2005), menciona:

En América Latina, los últimos 10 años en numerosas empresas de Cuba, México, Colombia y Ecuador, han puesto de manifiesto el bajo nivel de la gestión energética en ellas, así como las posibilidades que existen de reducir los costos energéticos mediante la creación en las mismas capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía (p. 652).

La figura 15 puntualiza las principales causas que caracterizan el bajo nivel de la gestión energética. Detallado en diagrama de causa y efecto.

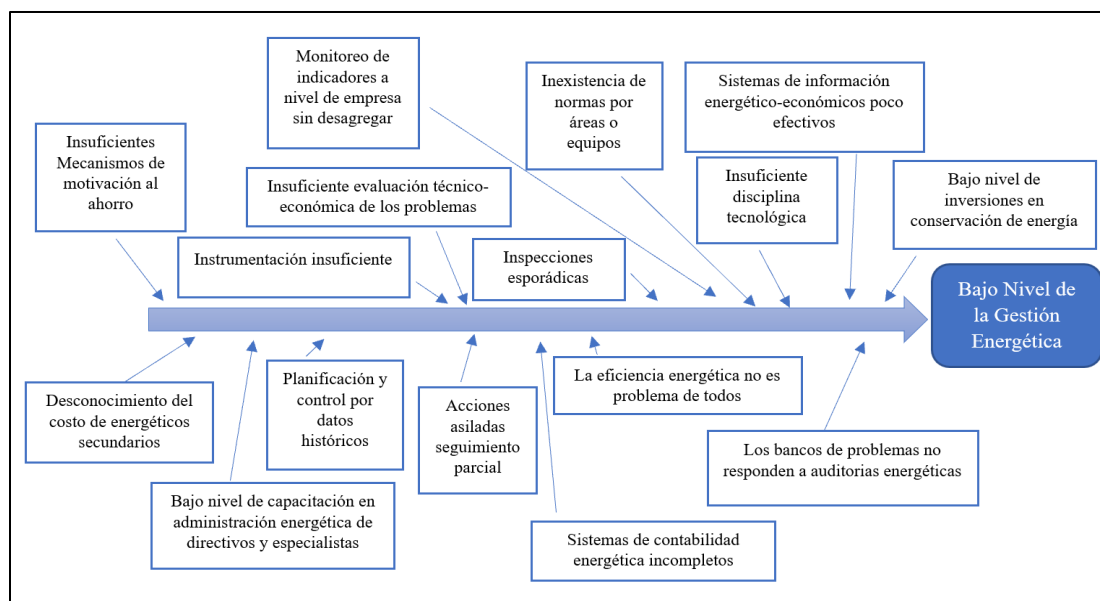


Figura 15: Causas que caracterizan el bajo nivel de la gestión energética.

Fuente: Boroto (2005).

En la actualidad los países han asumido programas de eficiencia energética adecuados a su potencial organizacional y al compromiso con los colaboradores. Los estados junto con las instituciones en desarrollo deben estar comprometidos para apoyar de forma financiera a las organizaciones en sus proyectos de eficiencia energética para comprar aparatos de bajo consumo de energía y la mayor eficiencia en la utilización de los recursos (Banco mundial, 2017).

Muchas organizaciones se ven limitadas para implementar proyectos o procesos enfocados a mejorar la eficiencia energética, por lo que este apoyo es idóneo.

La eficiencia energética que incluye el ahorro de energía a nivel residencial, industrial y municipal reviste importancia crítica para alcanzar las metas nacionales relativas a la energía y el cambio climático que se han fijado países de todo el mundo. La eficiencia energética sigue siendo la opción de menor costo para cumplir los compromisos nacionales referidos al cambio climático. Por esta razón, la eficiencia energética se denomina a menudo “el primer combustible”, es decir, el recurso que se debe utilizar antes que cualquier otra alternativa energética.

La tabla 7 lista los países latinoamericanos han realizado una serie de acciones encaminadas a la mejora de la eficiencia energética.

Tabla 7: Acciones de mejora a la eficiencia energética en Latinoamérica.

País	Acción
Brasil	En octubre de 2001 promulgó la Ley de Eficiencia Energética, que permitía al Gobierno Federal establecer niveles mínimos de eficiencia (o consumos máximos), para equipos que fuesen fabricados o vendidos en Brasil. En diciembre de 2001, en el marco de la reglamentación de dicha ley, se constituyó el Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética, con el objetivo de elaborar un plan de trabajo y su correspondiente cronograma, a los efectos de posibilitar el logro de los objetivos de la ley.
Colombia	Mediante la Ley 697 de 2001, se declaró asunto de interés social, público y de conveniencia nacional el uso racional y eficiente de la energía, así como el uso de fuentes energéticas no convencionales. En 2003 se expidió el Decreto 3683, que reglamentó los objetivos propuestos por la ley en materia de uso racional de energía.
Ecuador	Si bien no cuenta con una Ley de Eficiencia Energética, resalta el hecho de que en la propia Constitución de la República, específicamente en su artículo 413, se hace referencia expresa a la promoción de la señalar que la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (2015) eficiencia energética. También cabe contiene varios artículos referidos a la eficiencia energética.
México	En forma específica no tiene una ley de eficiencia energética de carácter nacional, pero se han promulgado un conjunto de leyes que de alguna forma cubren ese ámbito. Así, tanto la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, como la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, ambas de 2008, así como la Ley de Transición Energética, de 2016, abordan en detalle los temas relacionados con la eficiencia energética, con disposiciones encaminadas a propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades. Por otra parte, la Ley General de Cambio Climático, publicada en 2012 y reformada en 2016, complementó y reforzó el marco legal.
Perú	En el año 2000 se aprobó la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, y en 2006 la Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Energía Eléctrica. En el año 2007, mediante Decreto Supremo, quedaron institucionalizadas las actividades relacionadas a la EE, mediante la reglamentación de la Ley de Promoción de Uso eficiente de la energía.
Argentina	En 2017 se inició un proceso con vistas a la elaboración y posterior aprobación de una Ley de Eficiencia Energética, en la que se espera se establezcan los lineamientos de la Política de Estado en la materia, mínimos de protección a partir del uso racional de la energía y de la EE, con elincludiendo presupuestos consenso previo de los gobiernos provinciales.
Chile	El 7 de marzo de 2014 se emitió el decreto No. 64, que aprueba el reglamento que establece el procedimiento para la elaboración de las especificaciones técnicas de las etiquetas de consumo energético y normas necesarias para su aplicación, de acuerdo a lo señalado en el artículo 4o del DL No 2.224, de 1978. Adicionalmente, se está trabajando en la definición de una Ley de Eficiencia Energética.
Guatemala	En 2012 fue presentado al Congreso un anteproyecto de Ley de Eficiencia Energética para su tratamiento y eventual aprobación, tarea que estuvo a cargo de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Dicho anteproyecto comprendía la creación de: I) el Consejo Nacional de Eficiencia Energética; II) El Plan Integral de Eficiencia Energética; III) Financiamiento para el Uso Eficiente de la Energía;
Honduras	En 2014 se presentó ante el Soberano Congreso Nacional de la República un proyecto de Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía, que aún se encuentra en proceso para su discusión y aprobación.

Fuente: Elaboración propia con datos del BID, 2017.

El BID (2017) afirma:

El consumo total de energía de América Central, en el año 2015, fue 205,238 kbep. A diferencia de los países revisados anteriormente, donde se destaca el sector transporte, en la subregión de América Central el sector más importante es el residencial, seguido por el transporte y el industrial. En cuanto a las fuentes de mayor consumo, es notable el alto consumo de biomasa convencional, específicamente de la leña, con cerca de 40% del total. (pág. 4)

2.1.2.1 Análisis local

Secretaría de Energía Nacional de Honduras (2020) manifiesta:

A partir del año 2016 la dirección general de energía definió tres prioridades para el desarrollo energético Nacional.

1. Eficiencia energética.
2. Modernización del subsector hidrocarburos.
3. Política energética Nacional.

Haciendo énfasis en el numeral uno de eficiencia energética, el gobierno hondureño emitió tres decretos con el fin de lograr la reducción de la demanda energética de combustibles fósiles y electricidad PM 34-2014, 201

1. Plan Estratégico para la Gestión y Ahorro de Combustibles y Energía Eléctrica.
2. Obligatoriedad de utilizar lámparas y tubos fluorescentes en las instituciones del Estado y prohibición del ingreso de focos incandescentes al país.
3. Plan de Eficiencia y Ahorro Energético medible de las instituciones de la Administración Pública.

La OHN (2011) declara:

En cuanto a la eficiencia energética en el ámbito normativo emitida el 11 de marzo de 2003, teniendo como campo de aplicación los requisitos que debe cumplir la etiqueta de eficiencia energética en los acondicionadores de aire. La aplicación es a todos los equipos acondicionadores de tipo ventana, tipo dividido y tipo paquete, en cuanto al requisito de

etiquetado las unidades acondicionadoras deben llevar una etiqueta que proporcione a los usuarios información suficiente, clara veraz y en español de los requisitos establecidos en las normas, teniendo como referencia las normas: OHN-45 (2011), Eficiencia energética de acondicionadores de aire tipo ventana, tipo dividido y tipo paquete rangos: OHN-47 (2011) Métodos de ensayo. (pág.6)

La figura 16 define que según, Secretaría de Energía Nacional de Honduras (2020), la capacidad Instalada ha evolucionado en el transcurso de los años desde 1967 hasta el 2018 que asciende hasta 2,682,036 MW, teniendo como bases generadoras térmicas, hidráulicas, carbón, fotovoltaica, geotérmica, eólica y biomasa.

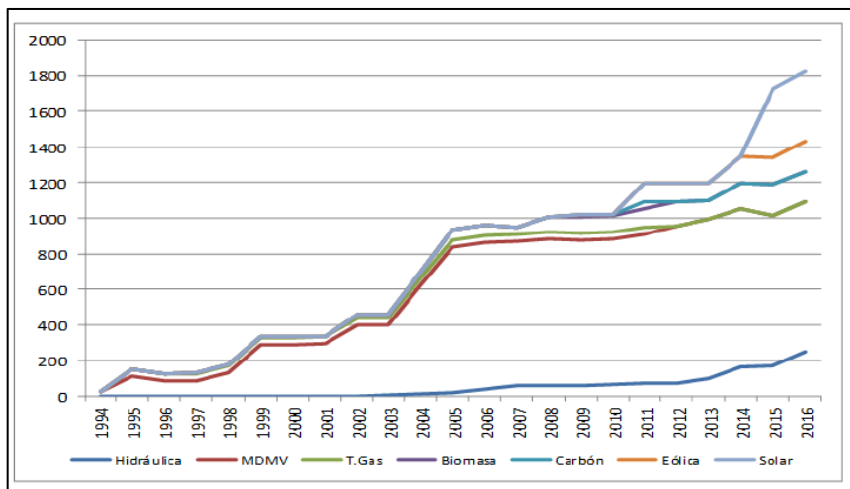


Figura 16: Evolución de capacidad instalada en el sistema eléctrico nacional en MW.

Fuente: Secretaría de Energía de Honduras (2017).

Barahona (2019) afirma:

Hasta diciembre de 2018, la capacidad instalada de generación eléctrica con energía renovable era de 62.9% y no renovable de 37.1% y la generación eléctrica con energía renovable, a pesar de su intermitencia es del 63.3% y la no renovable es del 36.7% (ENEE, 2018). La generación eléctrica en Honduras, hasta diciembre de 2018, estaba distribuida así: termoeléctrica no renovable, 36.7%; hidroeléctrica, 33.3%; solar fotovoltaica, 10.0%; eólica, 9.4%, biomasa 7.0% geotérmica 3.0% e importación 0.7%. (pág. 103)

La figura 17 muestra la cantidad de MW por fuente de generación hasta diciembre del 2018. Eficiencia e intensidad energética en Honduras, subsector eléctrico: Antecedentes y situación actual.

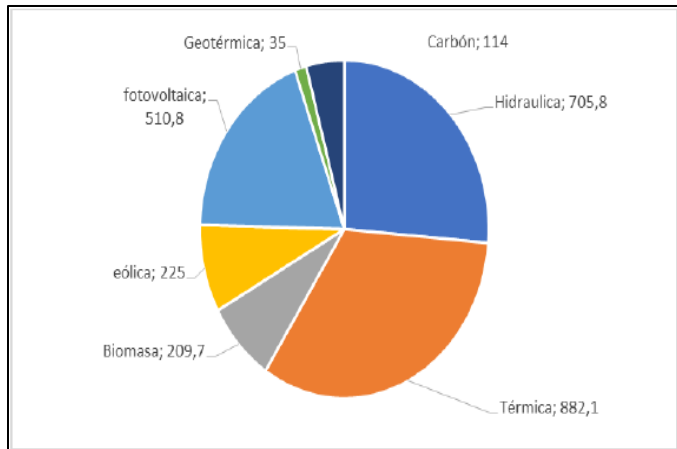


Figura 17: Participación energética por fuente diciembre (2018).

Fuente: Secretaría de Energía de Honduras (2017).

La figura 18 muestra una baja de la intensidad energética, lo que indica que se está haciendo buen uso y aplicación de las políticas establecidas vigentes mencionada al inicio de esta sección.

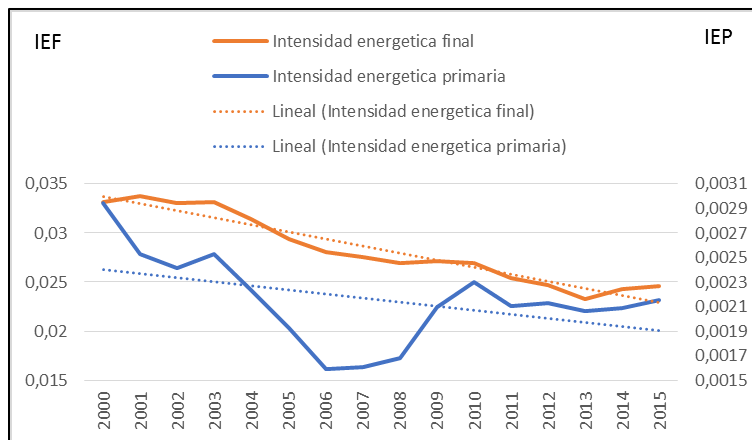


Figura 18: Evolución de la intensidad energética primaria y final.

Fuente: Secretaría de Energía de Honduras (2017).

La figura 19 especifica que en Honduras hasta en el 2018 se redujo significativamente su intensidad energética primaria y final, sin embargo, con respecto a los demás países de Centro América, es la más alta, aspecto que nos resta competitividad frente a otras regiones y nos indica que, en Honduras, se hace un uso deficiente de la energía.

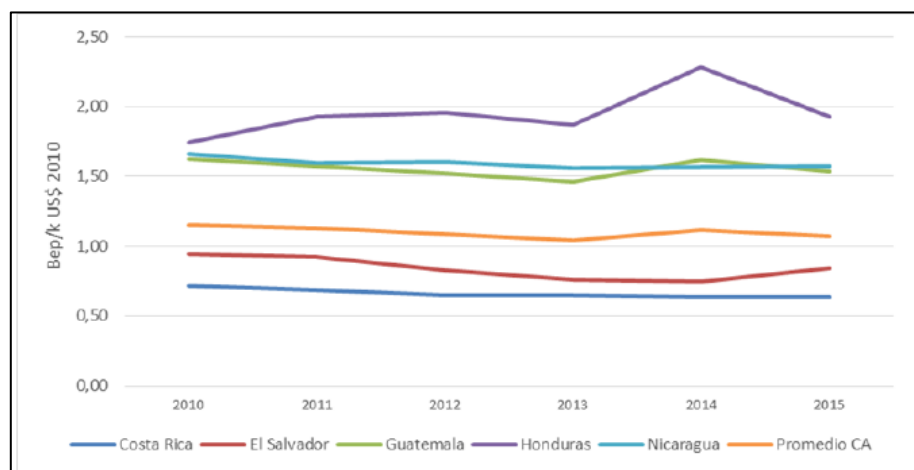


Figura 19: Intensidad energética en Centro América.

Fuente: Secretaría de Energía de Honduras (2017).

La eficiencia energética está ligada a la mejora de la utilización de la energía eléctrica en la utilización de aparatos tecnológicos. En la figura se muestra el consumo de electricidad del sector industrial, donde el acondicionamiento ocupa el mayor porcentaje con un 79.59% y la climatización de los locales el 4.37%. El acondicionamiento posee un porcentaje mayor debido a que se encuentran las máquinas a través de las cuales se desarrollan los procesos de producción. (Tecener SA de CV, 2018)

En Honduras la mayoría de las acciones para incentivar y promover la Eficiencia Energética, ha surgido de los efectos del incremento del crudo, como sucedió en el año 2011 y 2014 donde el gobierno estimuló las alzas a las tarifas en horas pico, auditorías energéticas contadores inteligentes elaboración de planes y reducción o prohibición de uso de aires acondicionadas a ciertas horas en oficinas públicas, pero hasta el momento, sin ningún tipo

de impacto considerando que fueron acciones temporales y carentes de planes sostenibles a largo plazo que contribuyan significativamente a mejorar la eficiencia. (BID, 2017)

La figura 20 modela el consumo de electricidad por sector industrial en Honduras, teniendo un alto porcentaje el sector de accionamiento de máquinas y bombeo.

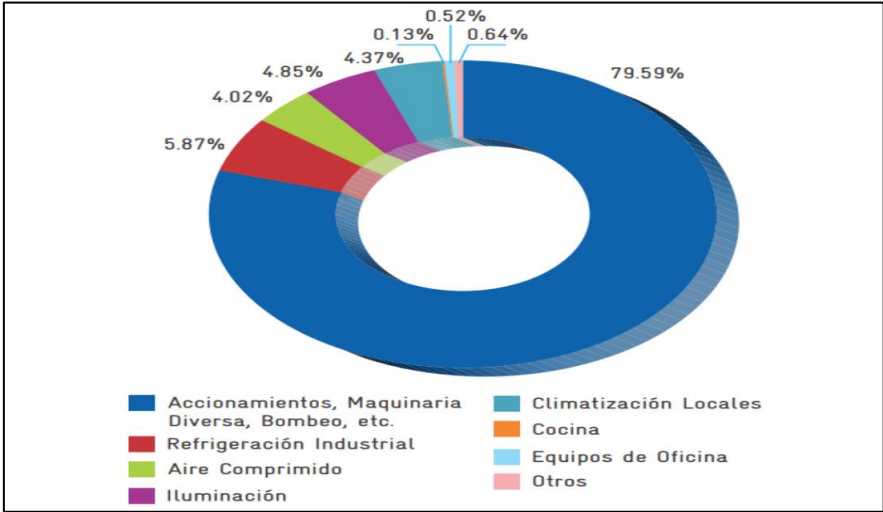


Figura 20: Consumo de electricidad en función de sector industrial en Honduras.

Fuente: García Manuel (2020).

Los equipos utilizados en las organizaciones deben pasar un proceso de acreditación para conocer de forma más específica su consumo energético. Según, La comisión económica para América latina y el Caribe CEPAL (2018) señala que, Honduras trata de forma sustancial en confort de sus habitantes por lo que el rol de la energía es esencial, lo que impone la necesidad de buscar mecanismos de generación y consumo energético promoviendo el desarrollo de proyectos de uso eficiente de la energía.

2.2 Teoría de sustento

Ahora se presentan las teorías sobre las cuales se fundamenta la investigación. Estas teorías sirven de guía para desarrollar cada etapa del estudio y ayudan a identificar las

variables. Las teorías de sustento de esta investigación son: Energía, Sistemas de refrigeración de centrales hidroeléctricas, Eficiencia energética, auditoria energética y prefactibilidad.

2.2.1 Energía

Según, Demirel, Yasar (2020): "La energía es la capacidad de hacer un trabajo. La Energía se manifiesta en varias formas, como movimiento, calor, luz, electricidad, química, nuclear y gravitacional" (pag.43).

2.2.1.1 Transformación de la energía

Velazco (2015) afirma:

Los cuerpos tienen una cierta capacidad de realizar trabajo, que puede tener su origen en su constitución, en la posición que ocupan en un campo gravitatorio o eléctrico, o en su estado de movimiento. A esta capacidad de realizar trabajo que poseen los cuerpos, cualquiera que sea su causa, se le denomina energía. (pág. 16)

Velazco (2015) argumenta: "La energía aparece en diversas formas, como pueden ser la cinética, potencial, térmica, química, electromagnética o luminosa, eléctrica, la inherente a la masa, etc". (pág. 17)

Velazco (2015) afirma: "La energía latente en los cuerpos puede deberse a su movimiento, y se le llama energía cinética" (pág. 18).

La figura 21 muestra esquema de energía cinética - mecánica.

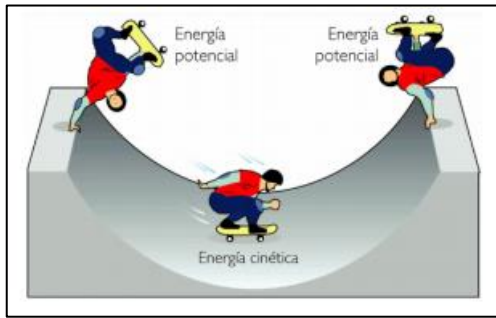


Figura 21: Energía cinética – mecánica.

Fuente: Velazco (2015).

Velazco (2015) confirma:

La energía térmica de un cuerpo está asociada al movimiento de su formación atómica o molecular. En una formación sólida el desplazamiento de los átomos o moléculas es más rápida al estar en contacto con el calor, es decir este se degrada con mayor facilidad. (pág. 19)

La figura 22 muestra la afinación de energía térmica o calorífica.

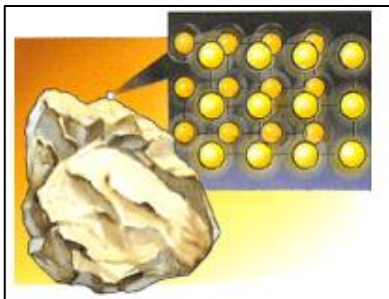


Figura 22: Energía térmica o calorífica.

Fuente: Velazco (2015).

Figuerola Miguel (2010) manifiesta que: “La energía química es la energía que poseen los compuestos químicos debido a los enlaces químicos que los forman. Un enlace químico es un nivel energético molecular que es ocupado por un par electrónico”. (Pág. 20)

La figura 23 define de manera visual la energía química.

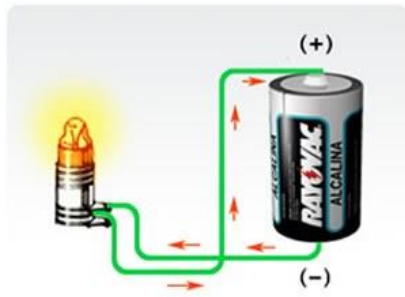


Figura 23: Energía química.

Fuente: Velazco (2015).

Velazco (2015) puntualiza:

La forma más común en que aparece la energía eléctrica es la electricidad. La corriente eléctrica es un flujo ordenado de electrones. Este flujo se produce con suma facilidad en los materiales denominados conductores, que se caracterizan por ofrecer una muy baja resistencia a dicho flujo. Los mejores conductores son los metales, que están formados por cristales donde los átomos están unidos entre sí por medio del enlace metálico. (Pág. 21)

En la figura 24 se muestra el comportamiento de los átomos en la energía nuclear.

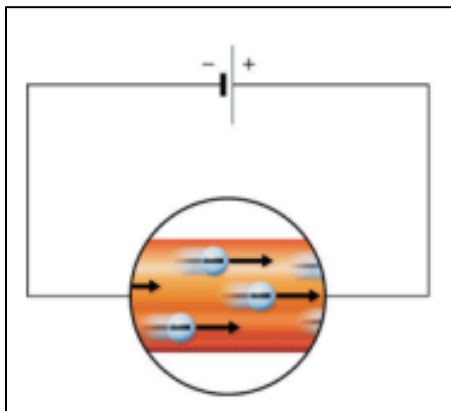


Figura 24: Energía eléctrica.

Fuente: Velazco (2015).

2.2.1.2 Modelo de energía

Demirel (2020) sustenta:

En la mayoría de los procesos, la energía cambia constantemente de una forma a otra. Esto es llamada conversión de energía. Los ejemplos incluyen los sistemas vivos que convierten la energía solar en energía química mediante la síntesis de carbohidratos a partir del agua y dióxido de carbono a través de la fotosíntesis. La energía mecánica de una cascada. también se puede convertir en energía electromagnética en un generador. Un motor de combustión interna convierte la energía química de la gasolina en calor, que luego transformada en la energía cinética que mueve un vehículo. Una energía solar fotovoltaica La célula (PV) convierte la radiación solar en energía eléctrica. (pág. 233)

Demirel (2020) reitera:

Cuando la corriente eléctrica fluye en un circuito, puede transferir energía para realizar un trabajo. Los dispositivos convierten la energía eléctrica en muchas formas útiles, como calor (electricidad calentadores), luz (bombillas), movimiento (motores eléctricos), sonido (altavoz) y Procesos tecnológicos de la información (computadoras). La energía eléctrica es una de las más formas útiles de energía de salida, que puede ser producida por diversos mecanismos mecánicos y / o dispositivos químicos. Hay varios métodos fundamentales para transformar directamente otras formas de energía en energía eléctrica. (pág. 234)

Según Zorto (2020): “Un balance energético es la contabilidad de la energía que entra a una instalación e identifica en dónde está siendo usada. El propósito de un el balance energético es cuantificar el consumo por energía usada” (pág. 16)

La figura 25 define de manera contextual el balance energético desde su fuente hasta los diferentes usos en las secciones requeridas.

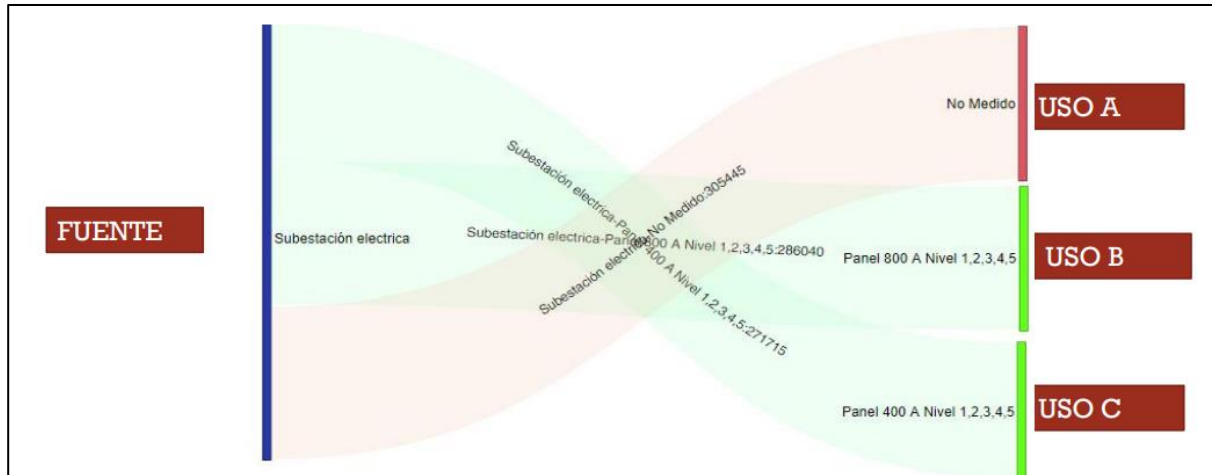


Figura 25: Balance energético.

Fuente: Zorto (2020).

2.2.1.3 Medición y/o evaluación de energía

Para Zorto (2020): “Un medidor de energía es un artefacto que su función principal es medir y/o cuantificar el consumo o el uso energético de un proceso, sistema, instalación de un edificio o complejo. Con un alto grado de precisión” (pág. 5).

Brihuega (2014) afirma:

Medir es comparar una magnitud con su patrón de referencia. Medidor de energía eléctrica, se encarga de medir el consumo energético que se ha producido en tu vivienda o negocio, en el momento en el que nos damos de alta como clientes de este servicio, es cuando se instala el medidor energético de consumo. Este artefacto, también puede decirnos cuáles son los aparatos que están consumiendo más energía, de manera a tener un control el consumo de la electricidad, optimizar los recursos y así ahorrar en la próxima factura. (pág. 107)

Brihuega (2014) confirma:

Dentro de los instrumentos de medida que podemos citar como fundamentales destacan: el amperímetro, el voltímetro y el óhmetro. Los instrumentos se clasifican en función del tipo de

corriente que se desea medir, según la forma en que se utiliza el mismo, en función de la forma de lectura o presentación de la media, etc. Éstos son los instrumentos que ahora veremos como complemento a los capítulos anteriores. Pág. 108)

La figura 26 lista los diferentes tipos de medidores utilizados en la industria eléctrica para determinar la cantidad de energía utilizada en los diferentes procesos.



Figura 26: Tipos de medidores.

Fuente: Pizá (2009).

La tabla 8 lista las diferentes unidades de medida en energía, abreviatura y la equivalencia en Jul.

Tabla 8: Unidades de medida energía.

Nombre	Abreviatura	Equivalencia en juls
Caloría	cal	41,855
Frigoría	fg	4,185.50
Termia	th	4.185.500
Kilovatio hora	kWh	3.600.000
Caloría grande	Cal	4.185,5
Tonelada equivalente de petróleo	Tep	41.840.000.000
Tonelada equivalente de carbón	Tec	29.300.000.000
Tonelada de refrigeración	TR	3,517/h
Electronvoltio	eV	1.602176462 x 10 ⁻¹⁹
Ergio	erg	1 x 10 ⁻⁷

Fuente: Demirel (2020).

2.2.2 Sistemas de refrigeración de centrales hidroeléctricas

Para Khazaii (2014):

Un sistema de Refrigeración de una central de generación eléctrica, es el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) cuyo propósito es agregar o eliminar calor y humedad. Dentro de una central de generación eléctrica, el sistema de HVAC está compuesto por motores, conductos, ventiladores, controles e intercambiadores de calor unidades que suministran aire caliente o frío. (pág. 77)

En la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán, el sistema de aire acondicionado está compuesto por tres máquinas de refrigeración chillers, 21 manejadoras de aire y unidades paquetes. Con el fin de mantener la temperatura ambiente en los recientes de caverna donde actualmente están instalados los equipos de generación eléctrica, cuartos de válvulas, excitación y transformadores. ENEE (2021)

2.2.2.1 Dimensiones, sistemas de refrigeración en hidroeléctricas

Almiñana (2013) afirma:

Los ciclos termodinámicos básicos que rigen el funcionamiento de los sistemas de refrigeración más habituales en la actualidad son: sistemas de compresión de vapor refrigerante y sistemas de absorción de vapor refrigerante. Normalmente el punto común es el empleo de una sustancia, denominada refrigerante, que es capaz de absorber/liberar calor en el margen de temperaturas deseado mediante un cambio de fase, al pasar de estado líquido a la fase vapor se aporta energía y, por consiguiente, el refrigerante absorbe calor del medio que lo rodea (genera frío), mientras que al pasar de la fase vapor a estado líquido se libera energía y, por consiguiente, el refrigerante cede calor al medio que lo rodea genera calor. (Pag.18)

Debido al tamaño de la CHFMs es más fácil que cada local tenga una unidad que enfríe el ambiente y para ello se construyó una red de distribución de agua fría conectada a

intercambiadores de calor en cada local llamado CAUC· S o Manejadora de Aire. El agua es enfriada por las máquinas de refrigeración o Chillers y circula debido a bombas centrífugas llamadas bombas de agua fría (BAF). ENEE (2021)

La figura 27 muestra el diagrama consensado del sistema de aire acondicionado de la CHFM, función de los chillers y conexión hacia manejadoras.

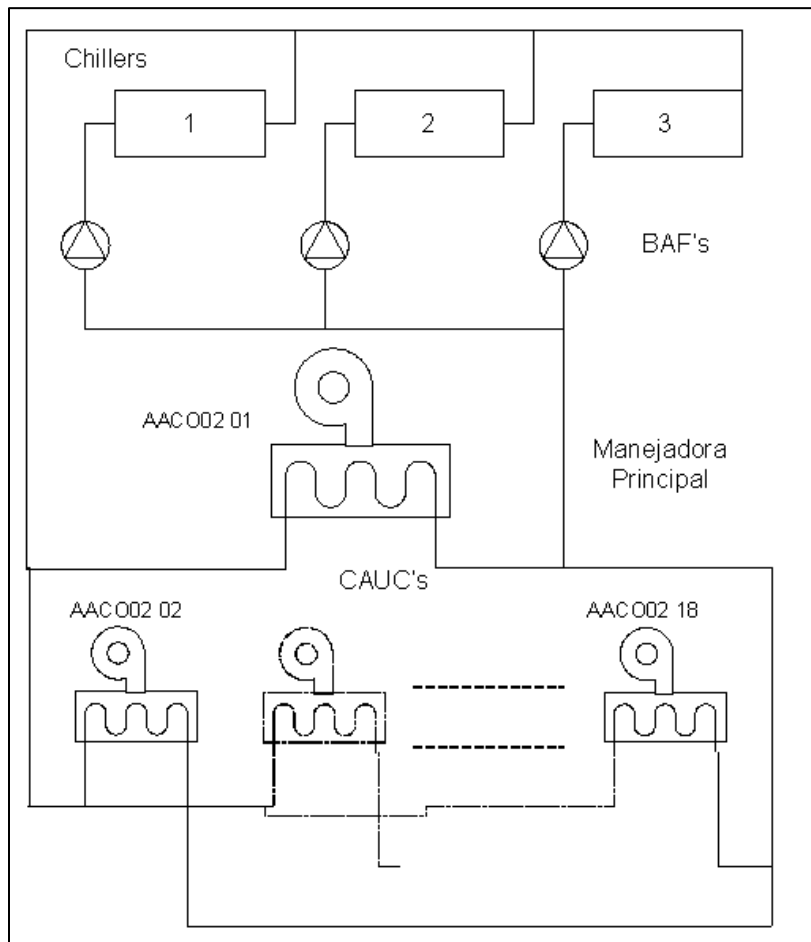


Figura 27: Diagrama condensado del sistema de refrigeración de la caverna CHFM.

Fuente: ENEE (2021).

Manresa (2003) afirma: “Refrigerante es el fluido frigorífero que contiene una instalación frigorífica y cuya misión es la de absorber calor en la fuente fría a baja presión y temperatura, para cederlo a la fuente caliente a alta presión y temperatura” (pág. 16).

Los chillers instalados actualmente en caverna de la CHFM utilizan refrigerante marca Freón R22, la capacidad de cada una de las máquinas de refrigeración chillers es de 120 toneladas de refrigeración cada uno.

Tecener (2018) indica:

El compresor es el corazón del sistema de una máquina de frío dado que bombea el refrigerante hacia los otros elementos del sistema. Es el componente más costoso y el que consume más del 80% de la energía eléctrica del sistema de frío, este elemento es generalmente impulsado por un motor eléctrico. (pág. 105)

Según ENEE (2021): “Las máquinas de refrigeración (chillers) instalados actualmente en caverna de la CHFM, cuenta con dos compresores por cada máquina, es decir en total son seis compresores instalados en el sistema de refrigeración”.

Khazasii (2014) manifiesta:

Los enfriadores son la pieza central de los sistemas de agua enfriada cuya función es generar la cantidad adecuada de agua refrigerada con la temperatura adecuada, para facilitar enfriamiento del aire suministrado que ingresa a los espacios seleccionados y para eliminar el calor del interior del edificio. (pág. 63)

La CHFM, en su sistema de enfriamiento actualmente cuenta con tres máquinas de enfriamiento (chillers). Cuyo funcionamiento es enfriar agua para que la manejadora principal pueda generar aire frío para los diferentes recintos de la caverna. Las máquinas de refrigeración están alimentadas de una barra principal que a su vez se alimenta del interruptor BL02-A40 ubicado en la sección II de la barra común de caverna, este interruptor al igual que los mandos de los chillers, solo se pueden hacer localmente, teniendo remota si los chillers están en operación o no, pero la alarma en sala de control es de falla cuando los tres están parados. ENNE (2021)

La figura 28 muestra el funcionamiento de las máquinas de refrigeración instaladas actualmente en la caverna de la CHFM.

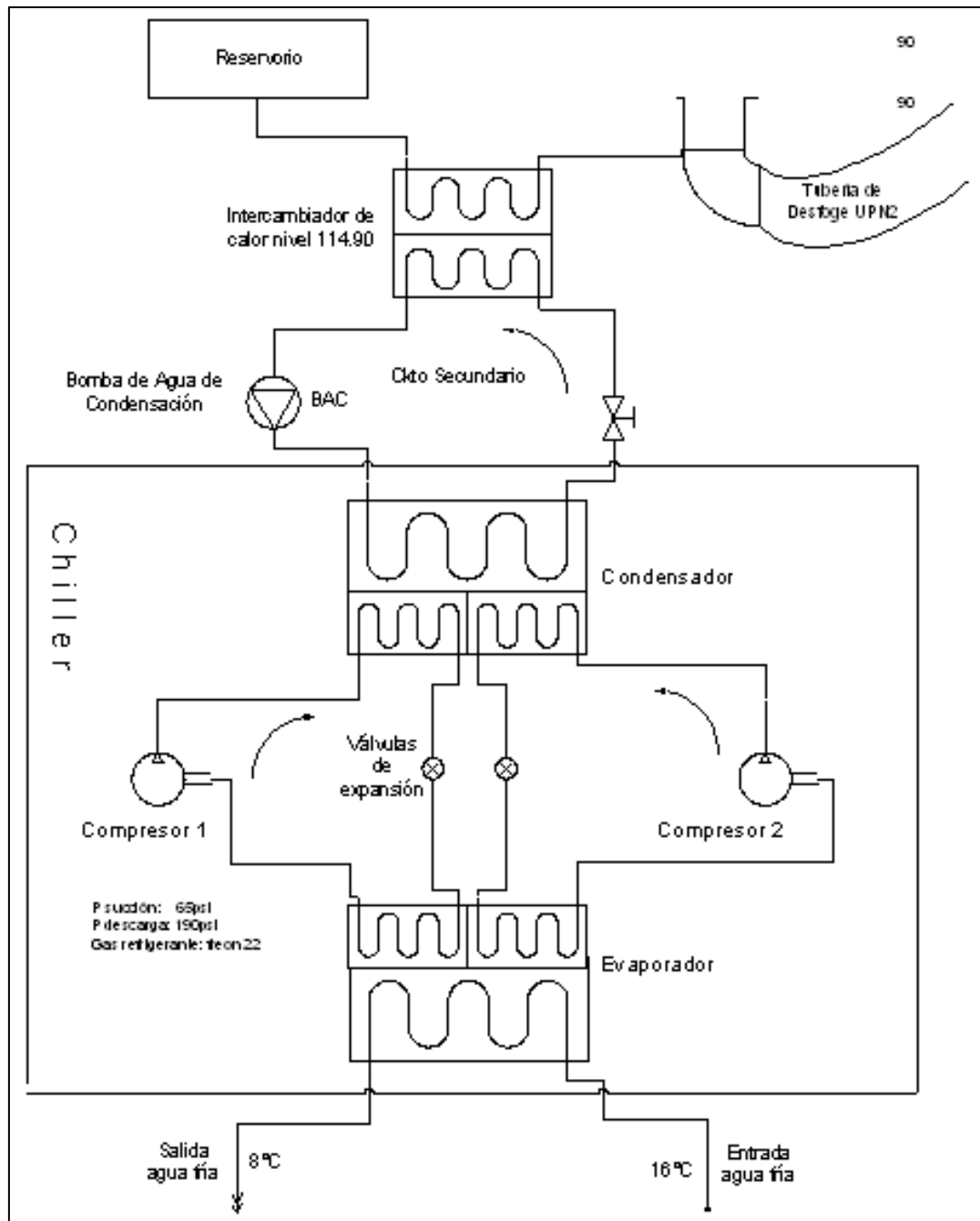


Figura 28: Diagrama funcionamiento de chiller.

Fuente: ENEE (2021).

La figura 29 muestra el funcionamiento de los chillers que trabajan con agua helada para el proceso de enfriamiento y generación de aire fresco.

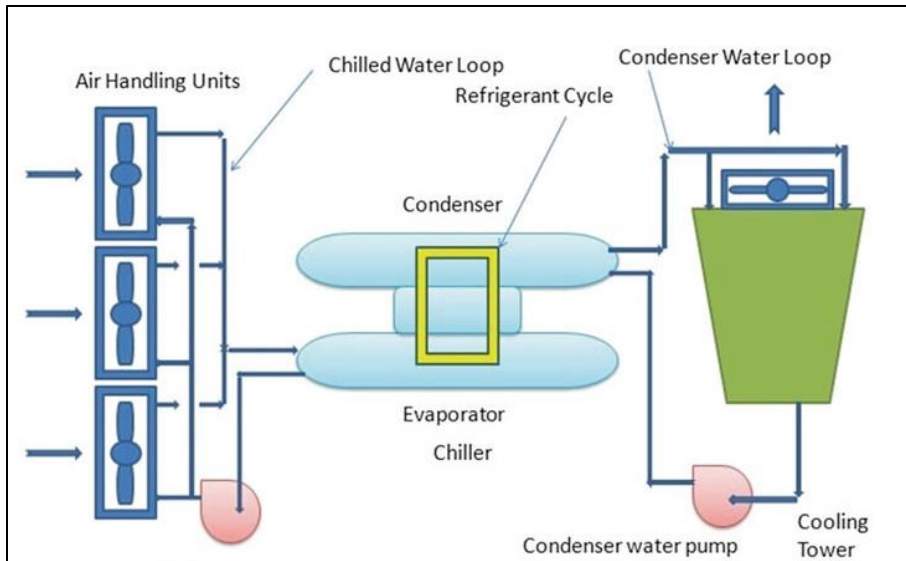


Figura 29: Elementos fundamentales de un sistema de refrigeración.

Fuente: Khazaii (2014).

La figura 30 muestra el diagrama simbólico de las diferentes componentes fundamentales que conforman en sistema de refrigeración.

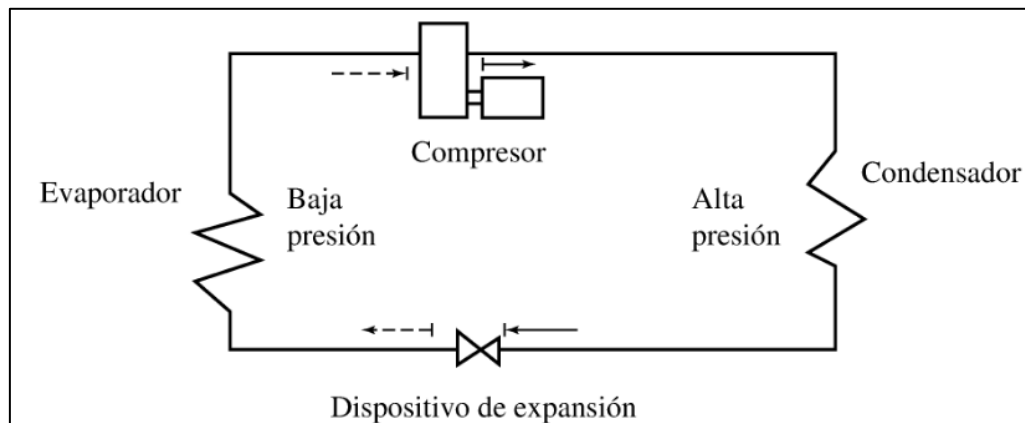


Figura 30: Sistema de agua helada (chillers).

Fuente: Lijó (2013).

2.2.2.2 Evaluación, sistemas de aire acondicionado en hidroeléctricas

Para Ramírez (2016): “Los sistemas de refrigeración son sistemas que intercambian calor con el medio que los rodea. Para esto es necesario realizar una serie de procesos físicos que dará lugar a dicho intercambio de calor” (pág. 14).

Ríos (2017) indica:

Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER), es el factor de eficiencia energética estacional se define como el factor de eficiencia energética global de la unidad. Se trata de un factor representativo de toda la temporada de refrigeración, y se calcula como la demanda anual de refrigeración de referencia dividida por el consumo anual de electricidad para refrigeración. (pág. 26)

Ríos (2017) afirma: “Energy Efficiency Ratio (EER), factor de eficiencia energética en modo refrigeración se define como el cociente entre la potencia de refrigeración y la potencia eléctrica absorbida con la unidad a plena carga y unas condiciones de temperatura específicas” (pág. 22).

2.2.3 Eficiencia energética

Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020) afirman: “La eficiencia energética es la reducción del consumo energético, sin que dicha reducción suponga una merma en las capacidades productivas o en la calidad final del producto” (pág. 72).

2.2.3.1 Gestión de eficiencia energética

Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020) indican:

El sistema de Gestión Energética es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, producto o servicios que interactúan con el de la energía sistema basado en:

1. Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades
2. Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos
3. Indicadores de desempeño energético (IDEn).
4. Línea de base energética (LBEn)
5. Planificación para la recopilación de datos de la energía. (pág. 72)

2.2.3.2 Iso 50001

El manual de la ISO 50001 (2011) indica:

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Un SGEn permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. (pág. 3)

La figura 31 describe de manera gráfica los componentes del desempeño energético.



Figura 31: Representación conceptual de desempeño energético.

Fuente: Manual ISO-50001 (2011).

2.2.3.3 Evaluación de eficiencia energética

Según el manual de la norma ISO 50001 (ISO 50002, 2014):

El concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético. De esta manera, la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético. La organización puede reducir su demanda máxima, utilizar el excedente de energía o la energía desperdiciada o mejorar las operaciones de sus sistemas, sus procesos o su equipamiento. (pág. 3)

La norma ISO 50001 (2011) afirma:

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. (pág. 3)

2.2.4 Auditoría energética

Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020) afirman:

Las auditorías energéticas son herramientas que permiten a las organizaciones conocer su situación respecto al uso que hacen de la energía. La realización de una auditoría energética representa un paso importante para toda organización que decide llevarla a cabo, con independencia de su tamaño y actividad. (pág. 19)

2.2.4.1 Alcance y límite de la auditoría energética

Según Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020) :

Se debe acordar con la organización el alcance y el límite de la auditoría energética, que contemplará:

1. Los procesos incluidos en la auditoría energética.
2. La verificación de los datos y la información proporcionada.
3. La obtención de cualquier dato omitido, la verificación de la precisión de los dispositivos de medición y la información de los procesos de producción.
4. El límite de la organización y otra información que pudiera considerarse relevante. (Pág. 22)

Reitera Según Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020) :

Se debe llevar a cabo un análisis de los datos recopilados para:

1. Realizar un estudio preliminar del balance energético.
2. Establecer los factores de ajuste pertinentes y los IDEn (el auditor energético y la organización deben tratar y acordar los indicadores del desempeño energético pertinentes y, si existe un SGen, el auditor energético podría utilizar los IDEn del mismo).
3. Evaluar la distribución del consumo de energía.
4. Establecer una línea de base de la energía inicial (si esto es posible).
5. Planificar la recopilación de datos y las mediciones posteriores a realizar en campo. (pág. 23)

La figura 32 demuestra las mejoras al aplicar el sistema de gestión energética ISO 50001. Se deben proponer oportunidades de mejora de la eficiencia energética que incluyan uno o más de los siguientes conceptos:

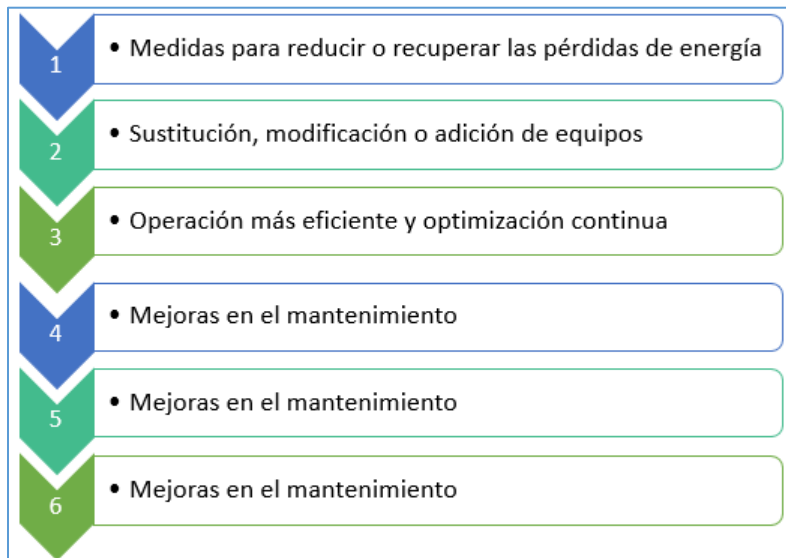


Figura 32: Mejoras al aplicar ISO 50001.

Fuente: Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020).

2.2.4.2 Iso 50002

Manual de uso ISO (2014):

Especifica los requisitos del proceso para realizar una auditoría energética en relación con el rendimiento energético. Es aplicable a todo tipo de establecimientos y organizaciones, y a todas las formas de energía y uso energético. Así mismo detalla los principios para la realización de auditorías energéticas, los requisitos para los procesos comunes durante las auditorías energéticas y los entregables para las auditorías energéticas. (pág. 6)

ISO 50002 (2014):

Esta norma no aborda los requisitos para la selección y evaluación de la competencia de los organismos que prestan servicios de auditoría energética, y no cubre la auditoría del sistema de gestión energética de una organización, además también proporciona orientación informativa sobre su uso. Además, según ISO 50002 (2014), una auditoría energética comprende un análisis del desempeño energético de una organización, equipo, sistemas o procesos. Está basada en una medición y observación apropiadas del uso de la energía, eficiencia energética y consumo. (pág. 6)

2.2.4.3 Etapas de una auditoría energética

La figura 33 Muestra esquemáticamente el proceso que conlleva desarrollar una auditoría energética, desde la planificación hasta reunión de cierre.

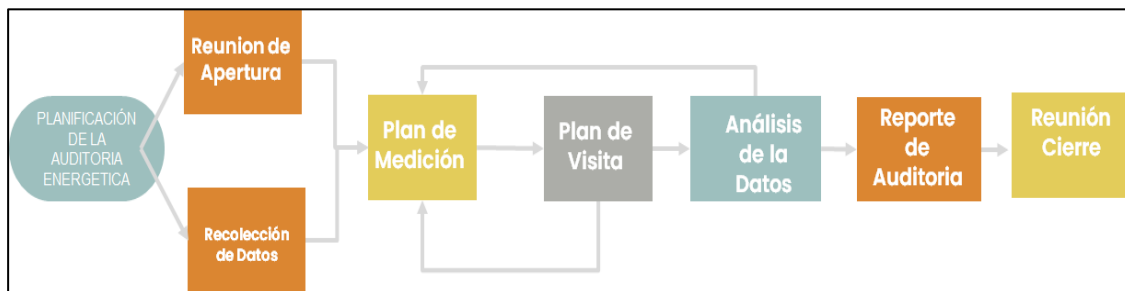


Figura 33: Etapas de proceso auditoria energética.

Fuente: Zorto (2020).

Para Osorio (2013):

El objetivo general de una auditoría energética es evaluar su consumo energético y proponer medidas que supongan un incremento de la eficiencia energética y, por tanto, un ahorro energético y económico para la comunidad de regantes. Este objetivo general se desglosa en los siguientes Objetivos específicos:

1. Evaluar el funcionamiento de los equipos consumidores de energía.
2. Evaluar el aprovechamiento energético del diseño y manejo del sistema.
3. Calificar energéticamente la comunidad de regantes.
4. Proponer mejoras del sistema desde el punto de vista del aprovechamiento energético y económico. Si Valorar energética y económicamente las mejoras propuestas.

2.2.4.4 Sistema de gestión de auditoría energética

Según Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020):

El objetivo final de un sistema de gestión de la energía (SGEn) debe ser la reducción del consumo energético, sin que dicha reducción suponga una merma en las capacidades productivas o en la calidad final del producto. Dicho de otra forma, el objeto final de un SGEn debe ser la mejora del desempeño energético, llevando a cabo las acciones necesarias para minimizar los riesgos y acometiendo las actuaciones para aprovechar las oportunidades de mejora. (pág. 72)

Dentro de la Norma ISO 50001, el desarrollo de las acciones para conseguir la mejora del desempeño energético se presenta en el apartado de planificación. Así, nos encontramos con:

1. Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades.
2. Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos.
3. Revisión energética.
4. Indicadores de desempeño energético.
5. Línea de base energética.
6. Planificación para la recopilación de datos de la energía. En un sistema de gestión, estos

procesos deben estar interrelacionados y se alimentarán mutuamente de varias formas, partiendo siempre de la revisión energética.

Para Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020):

Al implementar un SGE, el punto de partida debe ser la revisión energética, que es un proceso de análisis continuo y coherente de principio a fin. El proceso se inicia identificando cuáles son las fuentes de energía dentro del alcance del sistema. (pág. 73)

Reitera Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020):

A través de una auditoría energética o de un análisis soportado con mediciones sobre los sistemas, se obtiene la contabilidad energética. Es necesario establecer unos criterios de significancia para determinar cuáles son los usos y consumos realmente significativos (USE) dentro de la actividad de la empresa. De cada uno de los USE se deben determinar las variables que afectan al consumo de energía, determinar el desempeño energético e identificar a las personas que trabajan bajo el control del USE y pueden afectarlo. (pág. 73)

La figura 34 muestra el análisis que se debe realizar con cada USE se deben extraer oportunidades de mejora del desempeño energético, siendo este un proceso continuo.



Figura 34: Esquema del proceso lineal de revisión energética.

Fuente: Sánchez, Cubillos & Gordaliza (2020).

2.2.5 Prefactibilidad

Baca Urbina (2010) afirma:

Este estudio profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión (pág. 5)

2.2.5.1 Estudio técnico

Baca Urbina (2010) indica: “presenta la determinación del tamaño óptimo de la planta, la determinación la localización óptima de la planta, la ingeniería del proyecto y el análisis organizativo, administrativo y legal” (pág. 7).

La figura 35 detallan las partes que conforman un estudio técnico, según Baca Urbina

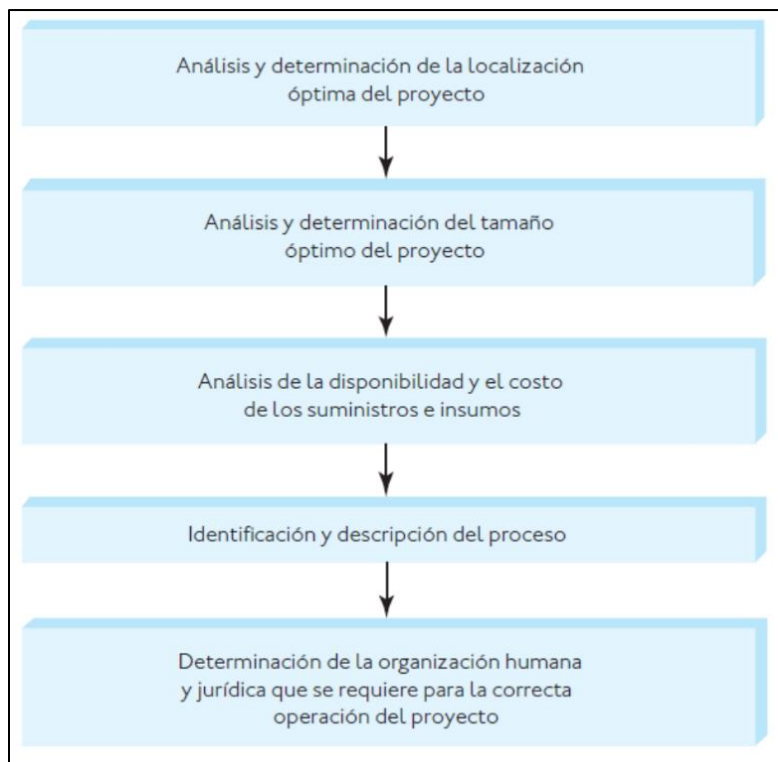


Figura 35: Partes que conforma un estudio técnico.

Fuente: Baca Urbina (2010).

El estudio técnico tiene por objetivo proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área (Baca Urbina, 2010). Este estudio propone y analiza opciones para construir los productos e involucra: los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto que por ende nos proporciona los costos de inversión y de operación requeridos y el capital de trabajo demanda.

Según Baca Urbina (2010):

Se pueden establecer dos objetivos principales para el estudio técnico:

- 3 Verificar la posibilidad técnica de fabricación del producto que se pretende.
- 4 Analizar y determinar la localización, el tamaño óptimo, los equipos, las instalaciones, así como la organización que se requiere para realizar la producción. (pág. 74)

Para Baca Urbina (2010), después de establecido el marco institucional de la empresa y para la correcta y completa realización del estudio técnico se deben cubrir o estudiar los siguientes aspectos:

1. Localización del proyecto.
2. Estructura e infraestructura de servicios.
3. Proceso de producción.
4. Efluentes y pérdidas del proceso.
5. Personal y turnos de trabajo.
6. Tecnología y equipo auxiliar.
7. Capacidad instalada y utilizada.
8. Control de calidad del proceso.

Baca Urbina (2010) indica:

En resumen, se pretende resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico de un proyecto “comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y operatividad del proyecto. (pág. 74)

2.2.5.2 Estudio económico

Baca Urbina (2010) afirma:

La evaluación económica describe los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de rendimiento y el valor presente neto; se anotan sus limitaciones de aplicación y se comparan con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, y en ambos se muestra su aplicación práctica. (pág. 8)

Baca Urbina (2010) indica:

La parte del análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica. (pág. 139)

La figura 36 lista las diferentes partes que conforman la estructura del estudio económico.

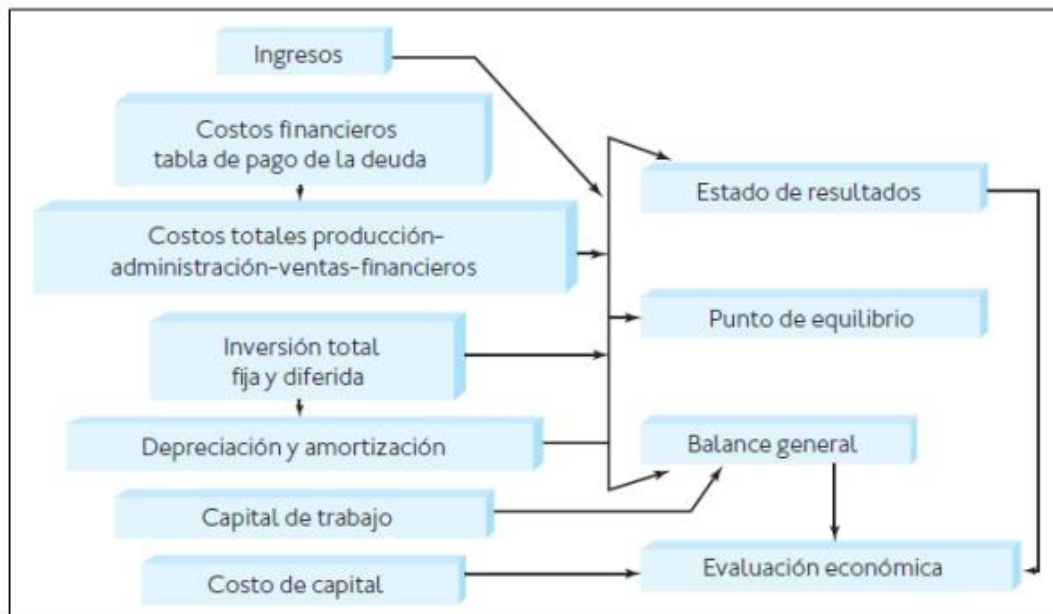


Figura 36: Estructura del estudio económico.

Fuente: Baca Urbina (2010).

2.2.6 Índice de costo beneficio

Gonzáles (2014) afirma:

El índice coste beneficio (ICB) es el cociente entre la suma de los flujos de caja actualizados y la inversión inicial. Este índice indica la eficacia de los fondos invertidos, ya que muestra cuan tas unidades monetarias se ganan por cada unidad monetaria que se invierte. (pág. 174)

Ecuación 1

$$ICB = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t}}{A} \quad (1)$$

Gonzáles (2014) sustenta: “Un proyecto se considera rentable cuando este índice es mayor que uno. Si se comparan diferentes alternativas, se optará por aquella que ofrezca el mayor” (pág. 174).

2.3 Conceptualización

2.3.1 Eficiencia energética

Según Sánchez, Cubillos & Sagüés (2020): “La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto maximizar la producción reduciendo el consumo de energía, sin afectar la calidad de servicio ni las condiciones laborales” (pág. 26)

2.3.2 Estudio técnico

2.3.2.1 Determinación del tamaño óptimo de la planta

Para Baca Urbina (2010) El tamaño óptimo de la planta: “Es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores

costos totales o la máxima rentabilidad económica” (pág. 75).

Afirma Baca Urbina (2010): “El equipo clave es aquel que requiere de la mayor inversión y que, por lo tanto, se debe aprovechar al 100% de su capacidad” (pág. 77).

2.3.2.2 Ingeniería del proyecto

Según Baca Urbina (2010),

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria se determina la distribución óptima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva. (pág. 89)

2.3.2.3 Localización óptima del proyecto

Baca Urbina (2010) indica:

El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. Es lo que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital criterio privado o a obtener el costo unitario mínimo criterio social. (pág. 86)

2.3.2.4 Adquisición de equipo y maquinaria

Baca Urbina (2010) afirma:

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipo y maquinaria, se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección. La mayoría de la información que es necesario recabar será útil en la comparación de varios equipos y también es la base para realizar una serie de cálculos y determinaciones posteriores. (pág. 94)

2.3.2.5 Cálculo de las áreas de la planta

Baca Urbina (2010) indica,

Ya que se ha logrado llegar a una proporción de la distribución ideal de la planta, sigue la tarea de calcular las áreas de cada departamento o sección de planta, para plasmar ambas cosas en el plano definitivo de la planta. A continuación, se mencionan las principales áreas que normalmente existen en una empresa y cuál sería su base de cálculo. (pág. 99)

2.3.2.6 Organización del recurso humano

Baca Urbina (2010) manifiesta “La decisión de plantear en el estudio la contratación de determinados servicios externos iniciales y permanentes hará variar en gran medida los cálculos iniciales sobre inversión y costos operativos” (pág. 101)

2.3.3 Estudio económico

2.3.3.1 Costos financieros

Según Baca Urbina (2010),

Los costos financieros son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamo. Algunas veces estos costos se incluyen en los generales y de administración, pero lo correcto es registrarlos por separado, ya que un capital prestado puede tener usos muy diversos y no hay por qué cargarlo a un área específica. La ley tributaria permite cargar estos intereses como gastos deducibles de impuestos. (pág. 143)

2.3.3.2 Inversión total inicial

Baca Urbina (2010) afirma: “La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo” (pág. 143).

2.3.3.3 Depreciación

Para Baca Urbina (2010): “La depreciación se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes valen menos” (pág. 144).

Baca Urbina (2010) afirma:

El término depreciación tiene exactamente la misma connotación que amortización, pero el primero sólo se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes valen menos; es decir, se deprecian; en cambio, la amortización sólo se aplica a los activos diferidos o intangibles, ya que, por ejemplo, si se ha comprado una marca comercial, ésta, con el uso del tiempo, no baja de precio o se deprecia, por lo que el término amortización significa el cargo anual que se hace para recuperar la inversión. (pág. 144)

2.3.3.4 Costo de capital o tasa mínima de rendimiento

Según Baca Urbina (2010):

Para formarse cualquier empresa debe realizar una inversión inicial. El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes: sólo de personas físicas (inversionistas), de éstas con personas morales (otras empresas), de inversionistas e instituciones de crédito (bancos) o de una mezcla de inversionistas, personas morales y bancos. (pág. 151)

2.3.3.5 Análisis de sensibilidad

Para Orduño (2007) afirma:

El análisis de sensibilidad sobre posibles sucesos futuros es un elemento importante de un buen pronóstico de carga. Para la planeación de T y D, esto significa prestar atención especial a los sucesos o cambios en las condiciones futuras que controlan la ubicación del crecimiento de la carga. (pág. 48)

2.3.4 Variable dependiente índice de costo beneficio

Gonzales (2014) afirma:

El índice coste beneficio (ICB) es el cociente entre la suma de los flujos de caja actualizados y la inversión inicial. Este índice indica la eficacia de los fondos invertidos, ya que muestra cuantas unidades monetarias se ganan por cada unidad monetaria que se invierte. (pág. 174)

Ecuación 2

$$ICB = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t}}{A} \quad (2)$$

2.4 Instrumentos

Para Hernández Sampieri (2014): “Un instrumento de medición es: “Recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (pág. 199).

2.4.1 Estudio técnico

Baca Urbina (2010) indica: “La determinación del tamaño óptimo de la planta, la ingeniería del proyecto, la determinación de la localización óptima de la planta, la ingeniería del proyecto y el análisis organizativo, administrativo y legal” (Pág. 7)

2.4.1.1 Diagrama de Sankey

Castrillón & Gonzáles (2018) afirman:

Un diagrama de Sankey es una ilustración gráfica que permite visualizar los flujos energéticos de materiales o de dinero, a través de un proceso o sistema con más facilidad que una tabla de datos numéricos. Por lo general, los flujos se ilustran como flechas y, su ancho es proporcional a

la magnitud que representan. Para el caso de un análisis energético, cuanto más gruesa es la línea o flecha, mayor será la transferencia de energía involucrada. (pág. 95)

2.4.1.2 Diagrama de Pareto de energía

La elaboración de un diagrama de parte por costos de energía, permite concentrar los esfuerzos en los equipos de uso significativo de la energía.

Según Meza, Zárate & Contreras (2010): “El diagrama de Pareto es una herramienta muy útil que nos ayudará a la identificación de aquellos problemas que son más graves, o cuya solución puede aportar mayor beneficio” (pág. 110)

Meza, Zárate & Contreras (2010) indican: “El diagrama de Pareto es una gráfica de barras que muestra en orden descendente de importancia (magnitud, frecuencia, costos, etc.) una serie de problemas diferentes. Por ejemplo: defectos, daños, reclamaciones de clientes (frecuencia o costo), accidentes, etc.” (pág. 110)

2.4.1.3 Balance energético

Para Zorto (2020), un balance energético es la contabilidad de la energía que entra a una instalación e identifica en dónde está siendo usada. El propósito de un el balance energético es cuantificar el consumo por energía usada.

2.4.1.4 Auditoría energética

Según Sánchez, Cubillos & Sagüés (2020):

La Auditoría Energética es el proceso de análisis sistemático del uso de la energía y el consumo de energía en las formas en que se utiliza dentro de una instalación, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre cuáles son las oportunidades de mejorar el desempeño energético. (pág. 26)

2.4.1.5 Medidores de energía

Zorto (2020) indica: “Un medidor de energía es un artefacto que su función principal es medir y/o cuantificar el consumo o el uso energético de un proceso, sistema, instalación de un edificio o complejo. Con un alto grado de precisión” (pág. 11).

2.4.1.6 Termómetro

Rojano Ramos (2012) indica:

El termómetro es un instrumento utilizado para medir la temperatura. La temperatura no puede medirse directamente. La variación de la temperatura puede ser determinada por la variación de otras propiedades físicas de los cuerpos volumen, presión, resistencia eléctrica, fuerza electromotriz, intensidad de radiación. (pág. 74)

2.4.2 Estudio económico

2.4.2.1 Cotizaciones

Baca Urbina (2010) indica:

La cotización es como el compromiso escrito de los proveedores para abastecer las cantidades de material necesario para la producción. En caso de que el abasto no sea totalmente seguro se recomienda buscar en el extranjero dicha provisión, cambiar de tecnología, en caso de ser posible, o abandonar el proyecto. (pág. 84)

2.4.2.2 Evaluación económica

Baca Urbina (2010) afirma: “La evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto” (pág. 181)

2.4.2.2.1 Valor actual neto (VAN)

Baca Urbina (2010) indica: “El Valor Actual Neto es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial” (pág. 182).

2.4.2.2.2 Período de recuperación de la inversión

Gonzales, Alba& Meré (2014) indican:

El período de retorno, también llamado plazo de recuperación, indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial mediante los ingresos anuales netos. Cuando el flujo anual de generación de recursos es regular, es decir, se tiene todos los años los mismos ingresos netos, el cálculo del período de retorno (PR) es inmediato. Si llamamos IT a la inversión total y BNA al beneficio promedio anual, tendremos:

$$PR = IT / BNA \text{ (pág. 165)}$$

Gonzales, Alba& Meré (2014) afirman:

Cuando el flujo de generación de recursos es irregular, como ocurre en la mayoría de los casos, los ingresos netos anuales deben calcularse mediante tanteo e interpolación. De las posibles alternativas de inversión para un mismo proyecto, son preferibles aquellas con periodo de retorno menor. En el caso de tratarse de proyectos de inversión distintos, solo serán efectuable aquellos cuyo plazo de recuperación sea inferior a un plazo establecido por la dirección de la empresa en su plan estratégico. (pág. 165)

Gonzales, Alba& Meré (2014) Reitera: “Se prima en este método, por tanto, la liquidez sobre la rentabilidad. A periodos de retorno cortos, corresponden riesgos pequeños, mientras que cuando el periodo de retorno es largo, los riesgos aumentan” (pág. 165).

Cuando se tiene en cuenta el valor actualizado del dinero, la fórmula para calcular el retorno es la siguiente:

Ecuación 3

$$\sum_{t=0}^{PR} \frac{Q_t}{(1+k)^t} = \sum_{t=0}^{PR} \frac{A_t}{(1+k)^t} \quad (3)$$

Donde PR es el periodo de retorno.

Q_t es el flujo de caja generado en el año.

A_t son las inversiones durante el mismo año.

k es la tasa de actualización.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se demostrará la metodología empleada para llevar a cabo la investigación, a su vez detallando la operación de las variables, el enfoque y el diseño.

3.1 Congruencia metodológica

Rendón (2001) indica,

Congruencia metodológica, es un conjunto de herramientas que brinda la oportunidad de abreviar el tiempo dedicado a la investigación, su utilidad permite organizar las etapas del proceso de la investigación de manera que desde el principio exista una coherencia entre cada una de las partes involucradas en dicho procedimiento. (pág. 313)

3.1.1 Matriz metodológica

La tabla 9 presenta la congruencia que tienen las variables con las teorías de sustento junto con el planteamiento del problema.

Tabla 9: Matriz de congruencia metodológica.

Titulo	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
			General	Especificos	Independientes	Dependiente
Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en C.H.F.M.	¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el sistema de enfriamiento actual en la sala de máquinas de la CHFMs que afectarían la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica?	1. ¿Cuánto es el consumo energético generado por el sistema de aire acondicionado actual?	Determinar las oportunidades de mejora que permitan la viabilidad técnica y económica de realizar una actualización parcial o total del sistema de enfriamiento actual de la sala de máquinas de la CHFMs, que logre mejorar la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica.	1. Realizar mediciones para cuantificar el consumo energético del sistema de aire acondicionado actual.	Eficiencia energética	IBC
					Determinación del tamaño óptimo	
		Localización óptimo del proyecto				
		2. ¿Cuánta carga térmica dentro de la planta hidroeléctrica es la que se necesita controlar para mantener la temperatura optima de operación en caverna?		2. Estimar la carga térmica que se genera dentro de la planta hidroeléctrica.	Ingeniería del proyecto	
Adquisición de Equipo						
					Distribución de la planta	
					Cálculo áreas de la planta	

Continuación de la tabla 9.

Titulo	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
			General	Especificos	Independientes	Dependiente
Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en C.H.F.M.	¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el sistema de enfriamiento actual en la sala de máquinas de la CHFM que afectarían la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica?	3. ¿Cuáles son las posibilidades de mejora en el sistema de enfriamiento que permita la viabilidad técnica y financiera en la implementación de un nuevo sistema de aire acondicionado que logre mejorar la eficiencia energética en sala de máquinas de la CHFM?	Determinar las oportunidades de mejora que permitan la viabilidad técnica y económica de realizar una actualización parcial o total del sistema de enfriamiento actual de la sala de máquinas de la CHFM, que logre mejorar la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica.	3. Determinar las posibles mejoras en el sistema de enfriamiento que permita mejorar la eficiencia energética de la central hidroeléctrica Francisco Morazán.	Organización del recurso humano	IBC
		4. ¿Será factible económica y financiera la implementación de un sistema de aire acondicionado?			Costos financieros	
					Inversión inicial	
				4. Evaluar la viabilidad económica financiera de la implementación de un nuevo sistema de enfriamiento en sala se máquinas de la CHFM.	Depreciación	
					Costos de capital	

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Esquema de variables de estudio

La variable independiente es el IBC, ya que para todo tipo de proyecto se debe analizar la rentabilidad del mismo.

En la Figura 37 se muestra el diagrama de la relación entre variable dependiente y variables independientes, así como el grado de afectación directo a la variable dependiente

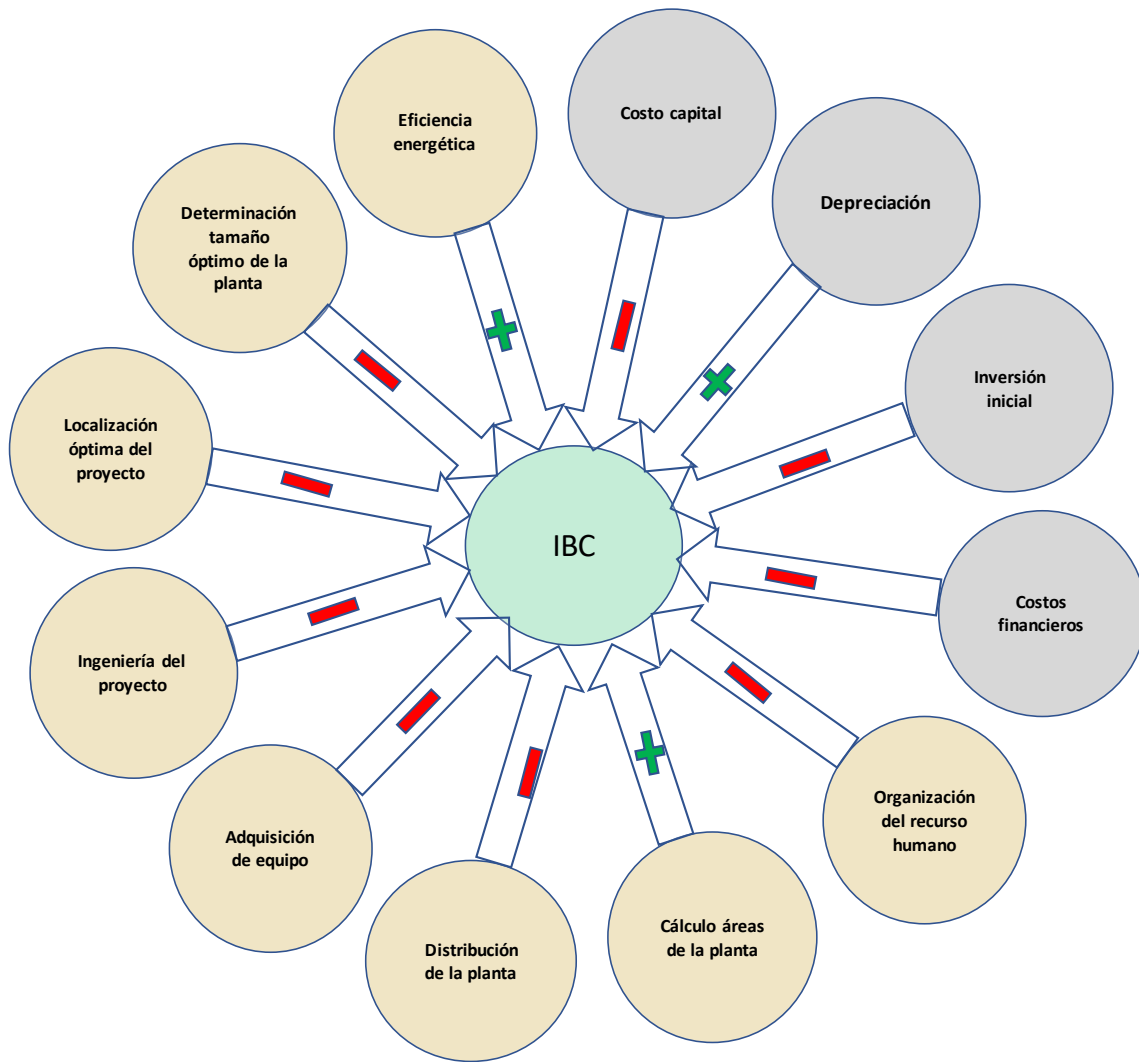


Figura 37. Relación entre variable dependiente y variables independientes.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Operacionalización de las variables

En esta sección se expone la relación entre las variables independientes y la variable dependiente. Las variables independientes se obtuvieron mediante la investigación de la literatura existente acerca de estudio técnico y económico, que hacen posible el análisis de la prefactibilidad. La variable dependiente es el IBC, cociente entre la suma de los flujos de caja actualizados y la inversión inicial.

Según Hernández Sampieri (2014),

Las variables son la propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse. Además, las variables muchas veces poseen ciertas dimensiones de estudio que se deben considerar, dichas dimensiones facilitan el estudio de la variable porque la segmentan en partes más pequeñas que tienen diversas técnicas para poderlas medir. (pág. 105)

En la Figura 38 se presenta el diagrama de la relación entre la variable dependiente y las variables independientes del estudio técnico: eficiencia energética, determinación del tamaño de la planta, localización óptima del proyecto, ingeniería del proyecto, adquisición de equipo, distribución de la planta, cálculo de las áreas de la planta y organización del recurso humano. Así mismo cada variable posee cierta cantidad de dimensiones para estudio de forma individual de acuerdo a su instrumento de análisis.

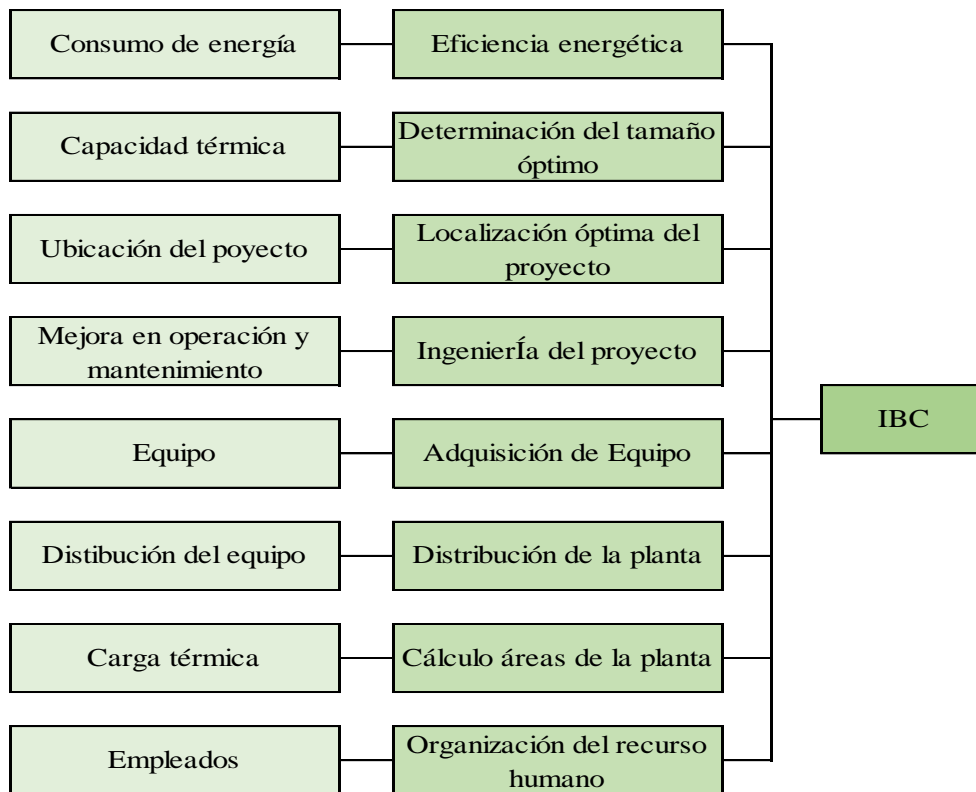


Figura 38: Diagrama de las variables y dimensiones del estudio técnico.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 39 se presenta el diagrama de la relación entre la variable dependiente y las variables independientes, sus dimensiones, obtenidas mediante el estudio económico. Estas variables proporcionan la información económica y financiera necesaria para determinar si la tasa interna de retorno logrará superar el costo de capital.

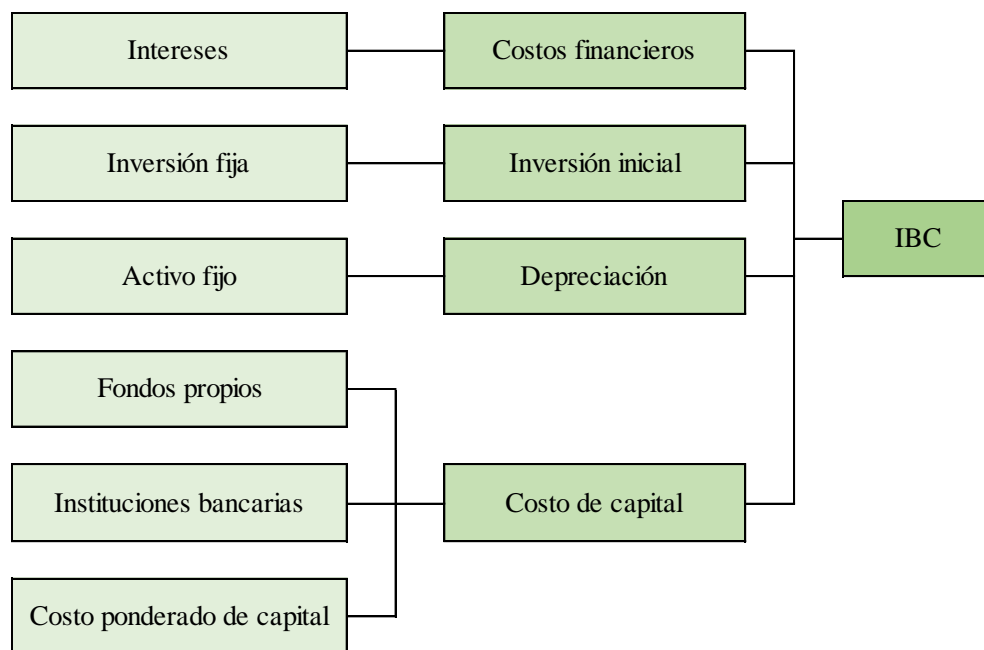


Figura 39: Diagrama de las variables y dimensiones del estudio económico.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 muestra la operacionalización de las variables del estudio técnico y estudio económico. Listando las dimensiones, indicador, escala y técnica .

Tabla 10: Operacionalización de las variables.

Variable independiente	Definiciones		Dimensiones	Indicador	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional						
Eficiencia energética	Maximización del uso de energía, sin afectar la calidad de servicio ni las condiciones laborales.	Relación cuantitativa entre energía requerida (valor teórico) y energía utilizada (real).	Consumo de energía	Energía medida / energía base	¿Cuanto es el consumo de energía para alcanzar las temperaturas de operación ideales?	Valor de energía consumida	Razón	Medidores
Determinación del tamaño óptimo	Capacidad instalada, se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica	Definición de las capacidades de los equipos en toneladas de refrigeración requerida para la cavema	Capacidad térmica	Toneladas de refrigeración	¿Cual es el total de toneladas de refrigeración requeridas?	Valor de la capacidad de los equipos	Razón	Especificaciones técnicas
Localización óptima del proyecto	Determinar ubicación del proyecto	Ubicación geográfica	Distancia en metros	Distancia entre los equipos	¿Dónde están ubicados los equipos de enfriamiento de la planta generadora?	En sala de máquinas de la central hidroeléctrica Francisco Morazán	Nominal	Diagrama y planos
Ingeniería del proyecto	Resolver todo lo concierne a la instalación y el funcionamiento del proyecto	Establecer las mejoras y/o las oportunidades para lograr eficiencia energética en el proceso de refrigeración de la cavema	Oportunidades de mejora en operación y mantenimiento	Desempeño	¿Cuáles son los procesos que se deben optimizar en las diferentes operaciones?	Procesos y procedimientos	Nominal	Diagrama de flujo y planos
Adquisición de Equipo	Se toma en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección, al momento de decidir la compra del equipo	Realizar análisis de la demanda de toneladas de refrigeración y las mejoras a las instalaciones de aire acondicionado y ventilación mecánica	Inversión en el cambio de equipo más eficiente y renovación de instalaciones mecánicas	Diseño técnico	¿Cuáles son los requerimientos técnicos para una nueva instalación?	Requerimientos técnicos	Nominal	Especificaciones técnicas, formato de oferta y presupuesto base y planos
Cálculo áreas de la planta	Tarea de estimar la carga térmica las áreas de cada sección de planta.	Estimación de la generación de calor en las áreas de cada sección de la planta	Carga térmica de cada sección de la planta	MBTU/mts ²	¿Cuánto es la carga térmica que se necesita abatir diariamente para tener una temperatura óptima en sala de máquinas ?	Valor de calor	Razón / Intervalo	Balance energético

Continuación de tabla 10.

Variable independiente	Definiciones		Dimensiones	Indicador	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional						
Distribución de la planta	Proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores	Distribución de equipo en la planta	Oportunidad de mejora en distribución de equipo en la planta	Desempeño	¿Cuáles son los equipos que se deben reubicarse en la planta para un mejor desempeño?	Diseño / Instalación	Nominal	Diseño (layout)
Organización del recurso humano	Decisión de plantear en el estudio la contratación de determinados servicios externos iniciales y permanentes.	Número de empleados necesarios para la operación y descripción de funciones	Empleados	Cantidad de empleados	¿Cuál es la cantidad de empleados necesarios para la operación del proyecto?	Cantidad de empleados	Discreta	Análisis de capacidades
Costos financieros	Son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamo.	Gastos realizados por pago de intereses	Intereses de préstamos en función de la tasa porcentual negociada	L/año.	¿Cuál es el costo financiero en Lempiras por cada año de duración del préstamo?	Valor de costos de intereses anuales en Lempiras	Razón porcentual	Análisis económico
Inversión inicial	Es la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa.	Cantidad monetaria necesaria para iniciar operaciones	Fija	L.	¿Cuál es el monto de inversión en activos fijos?	Valor de inversión en Lempiras	Continúa	Cotizaciones y análisis económico
Depreciación de activos fijos	Se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes valen menos.	Monto de la depreciación anual	Activos fijos	L.	¿Cuál es el monto de la depreciación anual?	Monto de la depreciación total en Lempiras	Continúa	Análisis económico con depreciación en línea recta

Continuación de la tala 10.

Variable independiente	Definiciones		Dimensiones	Indicador	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional						
Costos de capital	El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes	Tasa con que se descontará el FNE a valor presente	Fondos propios	(Tasa)x(% de participación)	¿Cual es el costo de capital propio aportado?	Costo ponderado	Razón porcentual	Análisis económico
			Costo ponderado de capital	Suma de costos ponderados	¿Cual es el costo total del promedio ponderado de capital?	Suma	Razón porcentual	Análisis económico
Variable dependiente	Definiciones		Dimensiones	Indicador	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
IBC (Índice de Beneficio Costo)	Es el cociente entre la suma de los flujos de caja actualizados y la inversión inicial.	Este índice indica la eficacia de los fondos invertidos, ya que muestra cuantas unidades monetarias se ganan por cada unidad monetaria que se invierte.	IBC	Factor superior a 1	¿Cuál es la relación beneficio costo del proyecto?	Un índice superior a 1	Razón decimal	Análisis económico comparando los flujos descontados a la tasa, el costo de capital del proyecto, en relación al costo de la inversión.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Hipótesis

Hernández Sampieri (2014) indica:

Las hipótesis son las guías de una investigación o estudio. Así mismo las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Se derivan de la teoría existente y deben formularse a manera de proposiciones. Son respuestas provisionales a las preguntas de investigación. (pág. 104)

Hi: La instalación de un nuevo sistema de aire acondicionado en sala de máquinas de la central hidroeléctrica Francisco Morazán, es factible si el beneficio costo es mayor a uno.

Ho: La instalación de un nuevo sistema de aire acondicionado en sala de máquinas de la central hidroeléctrica Francisco Morazán, no es factible si el beneficio costo es menor o igual a uno.

3.2 Enfoque y métodos

Ocaña (2015) afirma:

El enfoque es la orientación metodológica de la investigación; constituye la estrategia general en el proceso de configurar (abordar, plantear, construir y solucionar) el problema científico. Expresa la dirección de la investigación, el enfoque incluye en sí los métodos, principios y orientaciones más generales del sistema investigativo sin reducirlos a acciones instrumentales y determinaciones operacionales, ni a teorías o concepciones formalizadas y matematizadas. (pág. 13)

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Según Hernández Sampieri (2014) “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (pág. 4). En este estudio se pretende justificar la instalación de un nuevo sistema de aire acondicionado en la central hidroeléctrica Francisco Morazán, mediante el análisis técnico y financiero. El alcance de la investigación es.

Hernández Sampieri (2014) afirma: “Este tipo de estudios tiene como finalidad especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (pág. 92).

La relación que se intenta demostrar es el ahorro económico que se obtendrá mediante la instalación de un nuevo sistema de aire acondicionado en el que se eficientará el consumo energético, así como los costos de operación y mantenimiento.

En la Figura 40 se muestra la estructura del diseño de la investigación (Enfoque, diseño, alcance, métodos y técnicas).

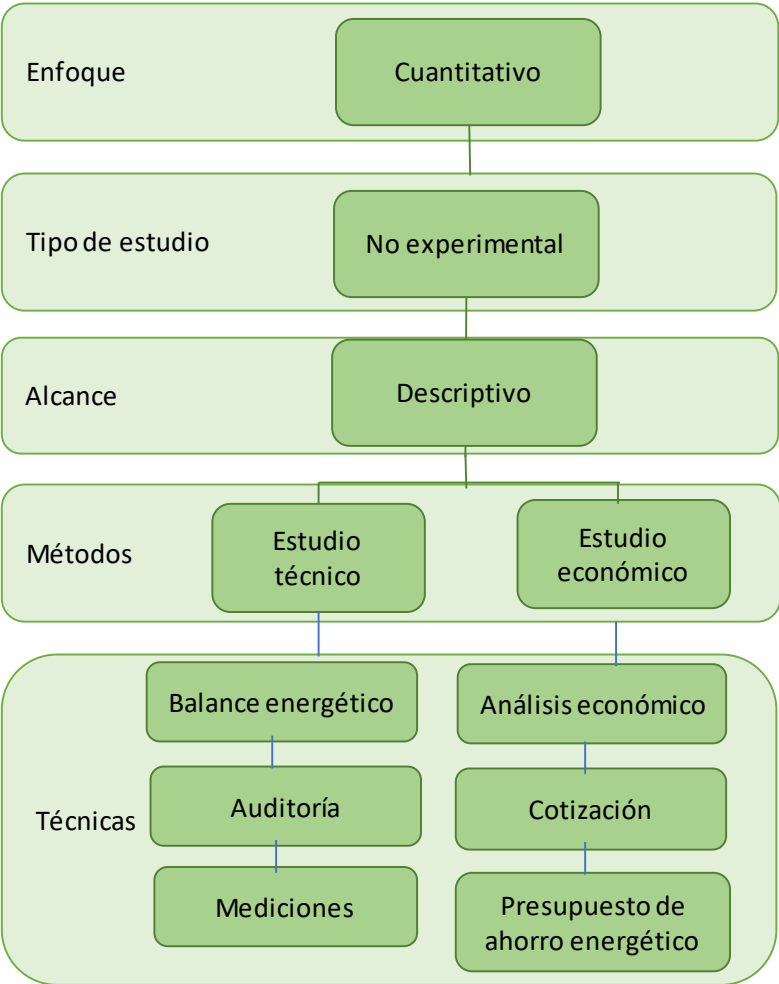


Figura 40: Diagrama de enfoque y métodos de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Diseño de la investigación

Castillo & Olivares (2014) afirma:

El diseño de la investigación se refiere al plan o estrategia que el investigador pone en práctica para responder a las preguntas de investigación. En otras palabras, el diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio. (pág. 119)

El diseño que se determinó para la investigación se puede observar en la figura 40, siendo este no experimental – transeccional – correlacional causal.

Hernández Sampieri (2014) afirma: “Diseño no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (pág. 152).

Hernández Sampieri (2014) indica: “Investigación transeccional, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (pág. 154).

Hernández Sampieri (2014) define: “Alcance correlacional, describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado, ya sea en términos correlacionales, o en función de la relación causa-efecto” (pág. 93).

En la tabla 11 se detalla ficha de planeación estratégica a desarrollar a lo largo de la investigación. Listando las actividades, recurso, tiempo y responsables de la ejecución.

Tabla 11: Plan estratégico de la investigación.

No.	Actividades	Recursos		Tiempo de ejecución	Responsables
		Humano	Materiales		
1	Medición de temperatura y humedad	1	1. Termómetro 2. Computadora 3. Programa Microsoft Excel 4. Formatos (papelería)	15 días	Yeni Guevara
2	Medición de consumo energético por equipo	2	1. Transformador de corriente 2. Computadora 3. Programa Microsoft Excel 4. Analizador de redes 5. Pinza amperimétrica	30 días	Yeni Guevara Sección eléctrica de la central CHFEM
3	Diseño de carga térmica	2	1. Software. Diseño de carga térmica 2. Software de climatización	15 días	Ing. Gabriel Zorto- Yeni Guevara
4	Identificación de usos significativos	2	1. Computadora 2. Formatos (papelería) 3. Programa Microsoft Excel	15 días	Yeni Guevara-Elder Benitez

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Técnicas e instrumentos aplicados

En esta sección se explica cuáles son los instrumentos y técnicas utilizados para el desarrollo de la investigación, dependientes del tipo de investigación y resultados esperados.

Hernández Sampieri (2014) afirma: “un instrumento de medición es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (pág. 199).

3.4.1 Auditoría energética

La auditoría energética es el proceso de análisis sistemático del uso de la energía y el consumo de energía en las formas en que se utiliza dentro de una instalación, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre cuáles son las oportunidades de mejorar el desempeño energético.

Se programa vista técnica con el fin de ejecutar auditoría energética siguiendo la secuencia protocolar de inicio, seguido enfocando la recolección de datos estos se obtienen mediante trabajo de campo, una vez tabulados los datos en la ficha de estructuración se analizan, así mismo se generar reporte.

En la tabla 12 Se muestra ficha de estructuración del balance energético.

Tabla 12: Ficha de auditoría energética.

Medición	Tablero	Destino	Consumo Actual	Propuesta
			kWh/ 24 horas	kWh/ 24 horas
Total kWh			0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Medidores de energía

Un medidor de energía es un artefacto que su función principal es medir y/o cuantificar el consumo o el uso energético. con un alto grado de precisión. En la sala de máquinas de la CHFM, se instalarán medidores de energía adaptados con un transformador de corriente para obtener el perfil de carga de cada uno de los equipos en estudio.

En la tabla 13 se muestra ficha para cuantificar mediciones eléctricas.

Tabla 13: Ficha para cuantificar mediciones eléctricas.

N°	Fecha	Día	Lectura	A		B		Consumo	kWh/día	kWh/mes
				Fecha anterior	Lectura actual	Fecha actual	Lectura actual			

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Termómetro

El termómetro es un instrumento utilizado para medir la temperatura. Este instrumento se utilizará con el fin de recabar lecturas de temperatura en los diferentes recintos de la planta donde se encuentra instalados los equipos de generación.



Figura 41: Herramienta que se utilizará para tomar mediciones de temperatura.

Fuente: Oficina técnica de CHFM.

En la tabla 14 se muestra ficha para tabular medición de temperatura.

Tabla 14: Ficha para tabular mediciones de temperatura.

Responsable: _____		Año: _____
Item	Punto de Medición	Temp. Prom.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 Balance energético

Un balance energético es la contabilidad de la energía que entra a una instalación e identifica en dónde está siendo usada. El propósito de un el balance energético es cuantificar el consumo por energía usada. Una vez realizada la auditoria energética se procede con el análisis económico con el fin de cuantificar los ahorros estimados durante un determinado tiempo.

La tabla 15 se muestra ficha de estructuración del balance energético.

Tabla 15: Ficha de balance energético.

Proyecto	Área	Ahorro energético anual (kWh/año)	Ahorro económico anual (L/año)	Inversión (L)	Rango de recuperación de la inversión	Total ahorro energético anual	Total ahorro económico anual

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5 Diagrama de Pareto

Diagrama de Pareto es una herramienta muy útil que nos ayudará a la identificación de aquellos problemas que son más graves, o cuya solución puede aportar mayor beneficio. Utilizaremos esta herramienta para determinar los usos significativos de la energía que nos permitirá concentrarnos en aquel que mayor porcentaje de consumo manifieste.

3.4.6 Depreciación

La depreciación se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes pierden valor.

En la tabla 16 se muestra ficha de depreciación de activo fijo que se utilizara durante el estudio.

3.5.1 Fuentes primaria

Hernández Sampieri (2014) indica: “Las fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes” (pág. 61).

Las fuentes primarias utilizadas son:

1. Información directa de oficina técnica de la Central Hidroeléctrica Francisco Morazán,
2. datos de informes de fuentes oficiales como:
3. BID (Banco Interamericano de Desarrollo).
4. CEPAL (Comisión económica para América latina y el caribe).
5. IEA (Agencia internacional de la energía).
6. SEN (Secretaria de energía de Honduras).

3.5.2 Fuentes secundaria

Hernández Sampieri (2014) afirma: “Las fuentes secundarias son las que reúnen la información escrita que existe sobre el tema, ya sean estadísticas del gobierno, libros, datos de la propia empresa y otras” (pág. 61).

Entre las fuentes secundarias utilizadas están libros de texto tales como:

1. Metodología de la investigación de Roberto Hernández Sampieri.
2. Evaluación de proyectos de Gabriel Baca Urbina.
3. Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado de David Almaña García.
4. Viabilidad de Proyectos Industriales de Alvarado Gonzales.
5. Metodología de la investigación de Cinthia Castillo y Socorro Olivares Orozco.
6. Ingeniería de Proyectos de Marco Gonzales, Alba Elías y Ordieres Meré.
7. Sistemas de gestión de la energía requisitos con orientación, ISO 50001.
8. Manual de la eficiencia energética para el programa de energías renovables y eficiencia energética en Centroamérica de Manuel García.

9. Eficiencia energética de climatizaciones en los edificios de Ángel Mendoza Ramírez.
10. Estudio de proyectos de Eduar Vallejos.
11. OHN (Organismo Hondureño de Normalización)

3.6 Limitantes del estudio

Dentro de las limitantes se puede mencionar el acceso a información sobre proyectos de eficiencia energética de aire acondicionado en cavernas de centrales hidroeléctricas. Dado que en su mayoría la casa de máquinas no es subterráneas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE ANÁLISIS

En este capítulo se presenta el resultado obtenido de la metodología que se aplicó a las variables del estudio técnico y económico.

4.1 Estudio técnico

Romero (2019) afirma:

Un estudio técnico es importante en un plan de inversiones para que los directivos tomen decisiones acertadas, se lo debe realizar cuidadosamente, así mismo nos ayuda a distinguir esa particularidad que tal vez no logramos observar fácilmente. Su finalidad es determinar el desarrollo y comercialización de un bien o servicio, garantizando su calidad y cantidad, estableciendo la localización, el tamaño y las instalaciones que necesitan para ejecutar su negocio. (pág. 8)

4.1.1 Determinación tamaño óptimo del proyecto

Para Baca Urbina (2010) El tamaño óptimo de la planta: “Es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica” (pág. 75).

En el caso particular de la caverna se tiene un sistema principal comprendido por 3 máquinas de refrigeración (chillers) que se encargan de enfriar agua que luego es suministrada a una red de manejadoras de aire que por medio de tuberías en un circuito cerrado y estas a su vez mantienen la temperatura deseada en los cuartos donde se encuentran.

El estudio de prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado se enfoca en caverna considerando sala de máquinas, recintos de transformador principal, cuarto de válvulas y recinto de excitación. Para ello se listó los equipos de refrigeración instalados en la actualidad.

4.1.1.1 Toneladas de refrigeración

En la tabla 18 se detalla los equipos de refrigeración instalados actualmente en los diferentes recintos de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Francisco Morazán, en la cual se estima un total de 679.02 toneladas de refrigeración instaladas.

Tabla 18: Toneladas de refrigeración por equipo.

Nº	Equipo	TR
1	Máquina de refrigeración 1	120
2	Máquina de refrigeración 2	120
3	Máquina de refrigeración 3	120
4	Manejadora Principal	94
5	Mane. Excitación UPN1	14.6
6	Mane. Excitación UPN2	14.6
7	Mane. Excitación UPN3	14.6
8	Mane. Excitación UPN4	14.6
9	Manejadora UAN2	7.25
10	Manejadora OCD25	9.34
11	Mane. TA11	7.33
12	Mane. TA12	7.33
13	Mane. 13.8 Kv	2.58
14	Mane. Tranfo UPN1	7.64
15	Mane. Tranfo UPN2	7.64
16	Mane. Tranfo UPN3	7.64
17	Mane. Tranfo UPN4	7.64
18	Mane. RTU	2.58
19	Mane. Tranfo Reserva	2.58
20	Mane. Descarga Turbina	2.58
21	Mane. UAN1	7.25
22	Mane. VE UPN2	7.33
23	Mane. VE UPN3	7.33
24	Mane. BH	2.58
25	Unidades Individuales Tipo paquete	70
	Total toneladas de refrigeración	679.02

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos en la planta de la CHFM.

4.1.2 Localización del proyecto

Baca Urbina (2010) indica:

El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. Es lo que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital criterio privado o a obtener el costo unitario mínimo criterio social. (pág. 86)

El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la central hidroeléctrica Francisco Morazán, ubicada en el Municipio de Santa Cruz de Yojoa, Cortés e incluye los estudios de prefactibilidad, técnico y económico.

Según información de la oficina técnica de la central hidroeléctrica Francisco Morazán está se encuentra localizada en la zona central de la República de Honduras entre los polos de desarrollo más importantes del país, a 180 Km de Tegucigalpa, y a 80 Km de San Pedro Sula, esta Central es el resultado de más de quince años de estudio e investigación, las cuales se iniciaron en la década de 1960.

Según oficina técnica de la central hidroeléctrica, esta cuenta con una casa de máquinas tipo caverna de 110 metros de longitud, 30 metros de ancho y 49 metros de altura, donde se alojan cuatro turbinas tipo Francis con capacidad de generación de 75 MW cada una, para un total de 300 Mw. Y dos unidades Auxiliares de 1.7 Mw cada una.

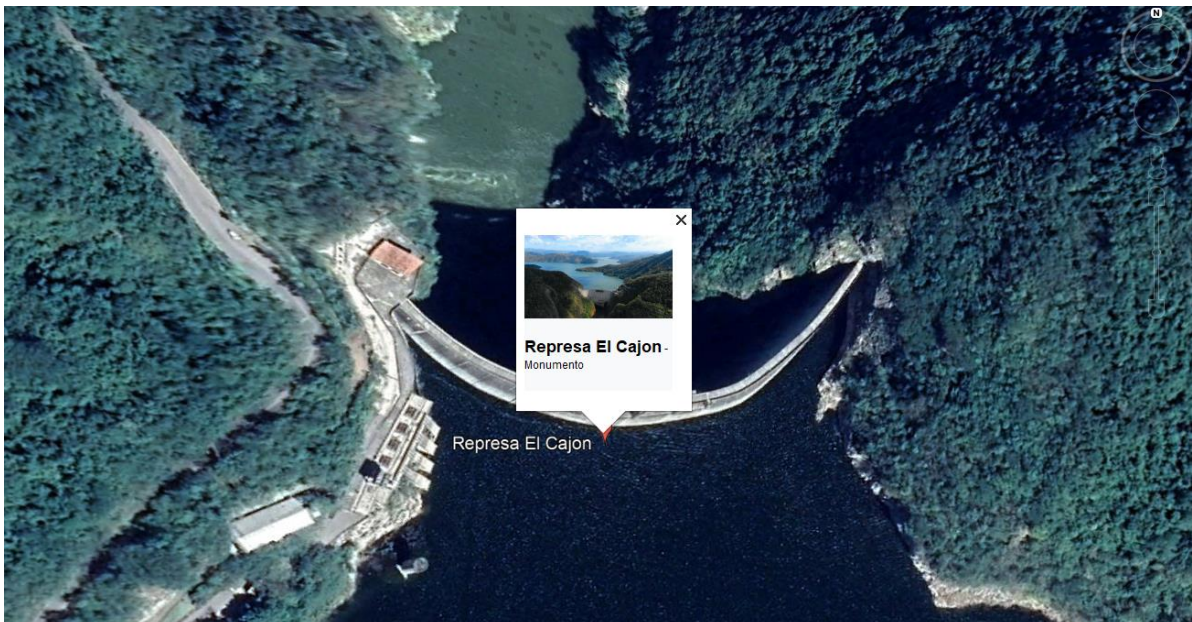


Figura 42: Ubicación geográfica de la CHFM, según oficina técnica.

Fuente Google Earth.

4.1.3 Cálculo áreas de la planta

Baca Urbina (2010) indica,

Ya que se ha logrado llegar a una proporción de la distribución ideal de la planta, sigue la tarea de calcular las áreas de cada departamento o sección de planta, para plasmar ambas cosas en el plano definitivo de la planta. A continuación, se mencionan las principales áreas que normalmente existen en una empresa y cuál sería su base de cálculo. (pág. 99)

Para determinar el cálculo de las áreas en la planta se realizó análisis de diseño carga térmica en los recintos de caverna donde se encuentran instalados actualmente los equipos de aire acondicionado, con el objetivo de satisfacer las necesidades de enfriamiento.

La figura 43 muestra la relación de humedad para los departamentos de Cortés (San Pedro Sula) y Francisco Morazán (Tegucigalpa), dado que la central hidroeléctrica se ubica entre los dos polos más importantes de la república de Honduras. Para efecto de cálculo se consideró utilizar la humedad de San Pedro Sula por la cercanía a la central.

San Pedro Sula		Tegucigalpa	
Temperatura (°F)	Wo (g/lb)	Temperatura (°F)	Wo (g/lb)
95	123	86	83

Recinto @ 50% HR		Recinto @ 50% HR	
Temperatura (°F)	Wi (g/lb)	Temperatura (°F)	Wi (g/lb)
68	68	68	78
70	54	70	62
72	58	72	66
74	62	74	71
76	66	76	75

Figura 43: Relación de humedad.

Fuente: ASHRAE (2017).

La tabla 19 muestra el cálculo de carga térmica en recinto sala de máquinas, en la que se lista los equipos en ella instalados tales como unidades principales de generación (UPN1, UPN2, UPN3, UPN4), iluminación de tecnología led, los cuales son principales fuentes de calor.

Para así obtener una estimación de las toneladas de refrigeración que se necesitan para enfriar este recinto. Factor de altitud del clima se determina de acuerdo a la presión atmosférica y temperatura típica de la localidad, parámetros de referencia altitud 1.00, temperatura exterior 95°F, humedad específica exterior 123 gr/lb, considerando la cantidad de equipos instalados en caverna se lista cada uno de ellos con la potencia de consumo en Watts, para así obtener calor sensible en unidades de BTU/H, calor latente si hubiera personas en sitio. Obteniendo un total de calor sensible de 1,080,847 BTU/H, calor latente 5,456 BTU/H, para un total de calor en el recinto de 1,086,303 BTU/H, equivalente a 90.53 Ton de refrigeración.

Tabla 19: Estimación de carga térmica recinto sala de máquinas.

Recinto	Sala de máquina		Sensible total	1,080,847	BTU/H
			latente total	5,456	BTU/H
			Calor sub total	1,086,303	BTU/H
Factor de Altitud:	1.00		Calor total	1,086,303	BTU/H
To:	84.20	°F		90.53	TON
Ti:	77.00	°F			
Wo:	123	gr/lb			
Wi:	66	gr/lb			
	Factor de Altitud	Temperatura Exterior-To		Humedad Específica Exterior-Wo	
Tegucigalpa	0.89	Tegucigalpa 86 °F		Tegucigalpa 83 gr/lb	
San Pedro Sula	1.00	San Pedro Sula 95 °F		San Pedro Sula 123 gr/lb	
Ganancia de calor por ocupantes					
Cantidad	FD	Actividad	Q sensible (BTU/H)	Q latente (BTU/H)	
40	1	Trabajos		136	
Ganancia de calor sensible por iluminación y equipo					
Cantidad	Potencia (W)	FD	Descripción	Q sensible (BTU/H)	Q latente (BTU/H)
1	13561	1	Generador UPN1	46,243	
1	13561	1	Generador UPN2	46,243	
1	13561	1	Generador UPN3	46,243	
1	13561	1	Generador UPN4	46,243	
67	2144	1	Lamparas de 2 tubos	7,311	
61	1952	1	Lamparas de 1 tubo	6,656	

Fuente: Elaboración propia con datos de levantamiento en campo.

La figura 44 muestra estimación del cálculo de potencia de los generados de las unidades principales, el cual se obtuvo utilizando la técnica de regresión lineal.

	Potencia MVA	Perdidas kW
Gen1	2	68.323
Gen2	8	473.8
Gen3	16	1126.92
Generador CHFM	91.25	13561.75972

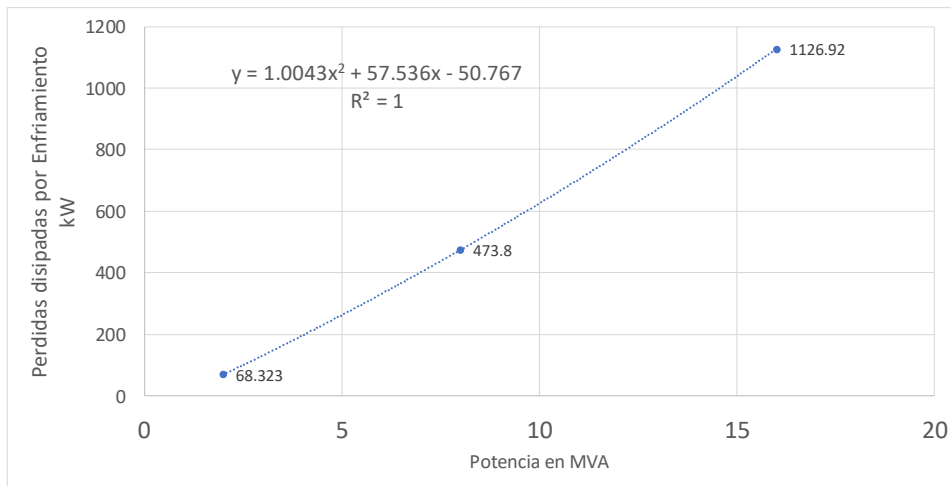


Figura 44: Relación potencia versus pérdida de generador.

Fuente: Elaboración propia con datos de levantamiento en campo.

La tabla 20 muestra estimación del cálculo de potencia de los transformadores de las unidades principales, el cual se obtuvo utilizando la técnica de regresión lineal

Tabla 20: Pérdida de carga en transformador.

Potencia nominal (KVA)	De alta tensión (KV)	H.V grifo de	De baja tensión (KV)	Conexión símbolo	Corto-circuito de impedancia (%)	242 kv			-Corriente de carga (%)
						-Pérdida de carga (KW)			
						9 tipo	10 Tipo	11 tipo	
31500	220	±8×1 25%	6,3 de 6,6	YNd11	12 ~ 14	135	128	128	0,7
40000	242	±8×1 5%	10,5 11			157	149	149	0,63
50000			20 34,5			189	180	180	0,56
63000			35,37			220	209	209	0,56
90000			38,5 66			288	274	274	0,49
120000			69			346	329	329	0,49
150000			405			385	385	0,42	
180000			468			445	445	0,42	

Fuente: Elaboración propia con datos de especificaciones técnicas de transformadores.

La figura 45 muestra el gráfico estimación de pérdidas de calor en los transformadores de la CHFM, usando como referencia transformadora de 100MVA de potencia.

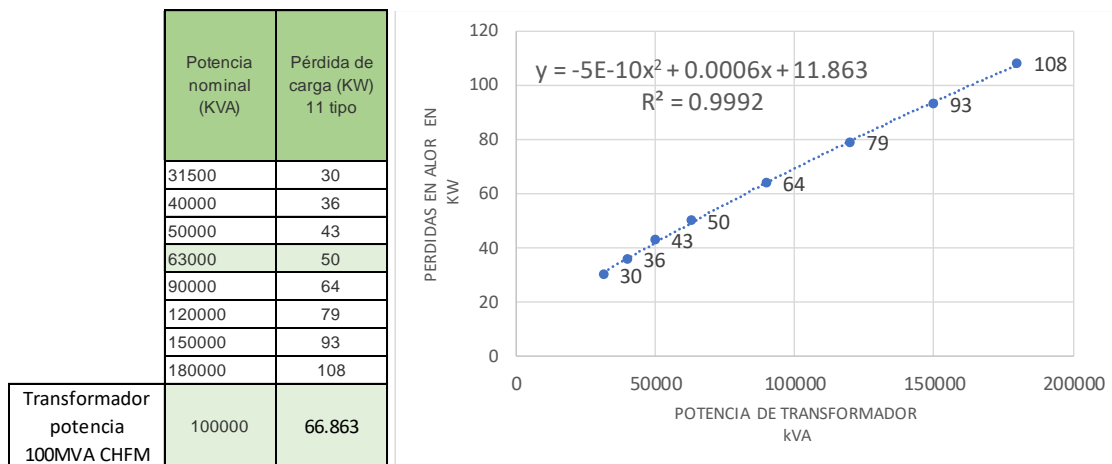


Figura 45: Gráfica estimación pérdidas de calor de transformadores.

Fuente: Elaboración propia con datos de especificaciones técnicas de transformadores.

La tabla 21 muestra los recintos en los cuales se encuentra el equipo instalado en sala de máquinas, para el cual se realizó una evaluación en los diferentes cuartos para determinar las toneladas de refrigeración requeridas para enfriamiento.

Tabla 21: Caga térmica recintos evaluados en caverna de CHFM.

Medición	Tablero	Recinto	Destino	Calor Sensible BTU/H	Calor Latente BTU/H	TR
1	0CH25001	Recinto 2	Manejadora principal	3,931,399	5,456	328
2	CD/C01.1	Recinto 3	Mane.excitación UPN1	498,024		42
3	CD/C01.1	Recinto 4	Mane.excitación UPN2	498,024		42
4	CD/C01.1	Recinto 5	Mane.excitación UPN3	498,024		42
5	CD/C01.1	Recinto 6	Mane.excitación UPN4	498,024		42
6	CD/C01.2	Recinto 7	Manejadora UAN2	786,087		33
7	CD/C01.1	Recinto 8	Manejadora OCD25	228,634		19
8	CD/C01.1	Recinto 9	Mane. TA11	138,146		12
9	CD/C01.1	Recinto 10	Mane. TA12	138,146		12
10	CD/C01	Recinto 11	Mane. 13.8 Kv	47,904		4
11	CD/C01	Recinto 12	Mane. tranfo UPN1	155,196		13
12	CD/C01	Recinto 13	Mane. tranfo UPN2	155,196		13
13	CD/C01	Recinto 14	Mane. tranfo UPN3	155,196		13
14	CD/C01	Recinto 15	Mane. tranfo UPN4	155,196		13
15	CD/C02	Recinto 16	Mane. RTU	35,846		3
16	CD/C01.1	Recinto 7	Mane. UAN1	393,043		33
17	CD/C02.3	Recinto 19	Mane. VE UPN2	378,592		32
18	CD/C02.3	Recinto 19	Mane. VE UPN3	189,296		32
Total calor sensible más calor latente (BTU/H)				8,885,427		724

Fuente: Elaboración propia con datos de levantamiento en campo.

4.1.4 Ingeniería del proyecto

Baca Urbina (2010) define,

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria se determina la distribución óptima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva. (pág. 89)

4.1.4.1 Especificaciones técnicas

El Contratista o Proveedor solo suministrara marcas reconocidas y debidamente sustentadas con los soportes técnicos o correspondientes. Las especificaciones técnicas aquí enunciadas serán de estricto y obligatorio cumplimiento, no se aceptarán equipos, accesorios y repuestos que no se apeguen a estas especificaciones.

La tabla 22 muestra las especificaciones técnicas de las máquinas de refrigeración chillers detallando los componentes de cada uno, capacidades etc.

Tabla 22. Especificaciones técnicas de unidades de aire acondicionado.

Máquina de refrigeración (Chiller)	
Ítem	Descripción
1	<p>Generales</p> <p>Máquina de refrigeración de condensador enfriado por agua (CHILLER)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Número de circuitos de refrigeración: 2 independientes2. Capacidad: 120 Toneladas de refrigeración (2 compresores de 60 Toneladas cada uno).3. Número de compresores: Dos4. Tipo de refrigerante: 134 A (amigable con el ambiente).5. Voltaje de control: 115 VAC.6. equipado con los siguientes accesorios:<ol style="list-style-type: none">6.1. Reloj anti-reciclaje.6.2. Termostato límite de carga para dos circuitos.6.3. Protector anti-congelamiento6.4. control de baja presión de refrigerante.6.5. Control de alta presión de refrigerante.6.6. Protección de baja presión de aceite.6.7. Termostato de control para operar con controlador eléctrico de cuatro etapas de descarga.6.8. amortiguador de ruido.6.9. Manómetro de descarga de refrigerante en cada circuito.6.10. Manómetro de succión de refrigerante en cada circuito.6.11. Manómetro de presión de aceite en cada circuito.6.12. Interruptores de flujo para cada circuito de agua.6.13. Absorbedores de vibración.

Continuación de tabla 22.

Máquina de refrigeración (Chiller)	
Ítem	Descripción
1	<p>7. Dimensiones máximas requeridas:</p> <p>7.1. Alto 5 pies, 2 pulgadas (1,575 mm).</p> <p>7.2. Largo: 9 pies 5 pulgadas (2,870 mm).</p> <p>7.3. Ancho: 3 pies (915 mm).</p> <p>Motor – Compresor:</p> <p>1. Numero de motor – Compresores: Dos</p> <p>2. Voltaje: 489 VAC, 3 fases, 60Hz.</p> <p>3. Tipo: Reciprocante</p> <p>4. Refrigerante 134 A (amigable con el ambiente)</p> <p>Condensador:</p> <p>1. Caudal de agua: 212.4 galones por minuto.</p> <p>2. Caída de presión: 6.65 pies.</p> <p>3. Temperatura de entrada del agua: 84 °F (28.8 °C)</p> <p>4. Temperatura de salida del agua: 94 °F (34.44 °C)</p> <p>Evaporador:</p> <p>1. Fluido: agua.</p> <p>2. Caudal de agua: 181.86 galones por minuto.</p> <p>3. Caída de presión: 5.5 pies.</p> <p>4. Temperatura de entrada de agua: 60.8 °F(16 °C)</p> <p>5. Temperatura de salida del agua: 46.4 °F (8 °C).</p> <p>La tubería de cobre y tarjetas de control deben de ser protegidas con pintura contra el ataque de sulfuro de Además, las cajas de control y potencia deberán de ser con norma de protección para Exteriores NEMA 4 o</p> <p>Alcances del Suministro</p> <p>1. El CHILLER a suministrar debe de poderse acoplar a nuestras instalaciones ya existentes (espacio</p> <p>2. El suministro debe de incluir la instalación o montaje del CHILLER (suministro llave en mano) junto</p> <p>3. El suministro debe incluir la capacitación en la operación y mantenimiento del CHILLER para el</p> <p>4. El suministro debe de incluir un set de repuestos básico:</p> <p>4.1. Filtros secadores (un juego para cada compresor).</p> <p>4.2. Filtro para aceite con su respectivos empaques o sellos (un juego para cada compresor).</p> <p>4.3. Filtro para refrigerante con sus respectivos empaques o sellos (un juego para cada</p> <p>4.4. Válvulas de expansión (un juego para cada compresor).</p> <p>4.5. Cilindro ver refrigerante original para recarga (50 libras).</p> <p>Se recomienda que sea igual al modelo / serie RTWD 120F 2XX1 A1A1 AA3A 1 A1Y 1 A1B 0000 0000 Ya que actualmente tenemos una de estas máquinas instaladas desempeñándose en buenas condiciones y para Es necesario que cada oferente presente la respectiva documentación técnica de la unidad que ofertan. Los oferentes deberán considerar que además del suministro, montaje y puesta en operación de las nuevas</p> <p>1. La unidad deberá poderse acoplar a nuestro sistema de tuberías de agua fría y de condensación</p> <p>2. El contratista deberá de suministrar los respectivos cables de potencia para el equipo e instalar.</p> <p>Se solicita a cada oferente suministrar copia de catálogo de los equipos a suministrar para verificar si estos</p>

Fuente: Empresa Nacional de Energía Eléctrica (2021).

4.1.4.2 Adquisición de maquinaria y equipo

Baca Urbina (2010) afirma:

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipo y maquinaria, se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección. La mayoría de la información que es necesario recabar será útil en la comparación de varios equipos y también es la base para realizar una serie de cálculos y determinaciones posteriores. (Pág. 94)

La central hidroeléctrica Francisco Morazán actualmente cuenta con un sistema de aire acondicionado con 30 años de utilización, Por ser un sistema de enfriamiento discontinuado los repuestos son adquiridas a proveedores exclusivos, no se encuentran en el mercado local. Por tal razón los costos son elevados. El sistema de enfriamiento actual no logra cumplir la temperatura ideal (25 °C) a la cual debe estar el equipo de generación instalado.

Como consecuencia de lo anterior la alta humedad relativa afecta el funcionamiento del sistema de aire comprimido provocando contaminación en los aceites hidráulicos y corrosión interna en los tanques, así como daños a los componentes hidráulicos de precisión que conforman el regulador de velocidad y control de la válvula esférica de cada unidad generadora.

Por ello el equipo debe ser reemplazado por otro equipo que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas y así evitar el riesgo de que una unidad generadora pare por sobrecalentamiento. Lo que provocaría pérdidas de generación de 50 MW a 75 MW por hora.

En el anexo número cuatro, se detalla el equipo de refrigeración que está en proceso de licitación. Entre ello, (unidades paquetes, manejadoras y máquina de refrigeración). Proceso que es llevado a cabo tomando en consideración cada uno de los aspectos según ley de contratación del estado por parte de equipo encargado de ENEE.

La tabla 23 detalla los suministros, montaje de maquinaria y puesta en marcha, precio unitario y costo total del proyecto del equipo nuevo que se está sugiriendo reemplazar. Según licitación pública realizada para la empresa nacional de energía eléctrica (ENEE).

Tabla 23: Suministro, montaje y puesta en marcha de unidades aire acondicionado.

Análisis "suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán".							
No.	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por ítem L.
1	Máquina de Refrigeración de Condensador enfriado por agua (CHILLER)						
1.1	Suministro y Montaje de Maquina de Refrigeracion (Chiller), Numero de Circuitos de Refrigeración: 2 Independientes, Capacidad: 120 Toneladas de Refrigeración (2 compresores de 60 Toneladas cada uno). Esta capacidad no deberá de ser mayor, ya que existe un balance en las Toneladas de Refrigeración requeridas con las otras dos Unidades (Chillers) ya que son un total de tres Máquinas de Refrigeración (Chillers), Numero de Compresores: Dos, Tipo de Refrigerante: 134 A (Amigable con el ambiente)	2	C/U	L	297,798.95	595,597.90	7,792,870.04
				M	3,598,636.07	7,197,272.14	
1.1	Alcances del Suministro: El CHILLER a suministrar debe de poderse acoplar a nuestras instalaciones ya existentes (espacio y Tuberías de entrada y salida de agua) por lo que, las empresas oferentes deben de verificar en el sitio que el equipo ofertado pueda ser instalado de manera correcta en el recinto, El Suministro debe de incluir la instalación o montaje del CHILLER (Suministro Llave en mano) junto con un protocolo de entrega – aceptación, El Suministro debe de incluir la capacitación en la Operación y Mantenimiento del CHILLER para el personal Electromecánico de nuestra Central.						
1.2	Suministro debe de incluir un set de repuestos básico: Filtro para Aceite con su respectivos empaques o sellos (1 Juego para cada compresor), Filtro para Refrigerante con su respectivos empaques o sellos (1 Juego para cada compresor), El suministro debe incluir Válvulas de Expansión electrónica (2 unidades), Sensores de temperatura: 3 unidades, Sensores de presión: 3 unidades, Una pantalla LCD de respaldo, Una placa electrónica adicional de cada una de las instaladas, Cilindro de refrigerante original para recargas (50 lbs.), El volumen necesario de aceite para realizar un cambio.	1	Lote	M	230,869.10	230,869.10	230,869.10
Costo adquisición del equipo					L7,197,272.14		
Costo lote de repuestos (stock de seguridad)					L230,869.10		
Cosot instalación y puesta en marcha					L595,597.90		
Costo total del proyecto					L8,023,739.14		

Fuente: Empresa Nacional de Energía Elecetrica (2021).

4.1.4.3 Auditoría energética

Sánchez, Cubillos & Sagüés (2020) indican:

La Auditoría Energética es el proceso de análisis sistemático del uso de la energía y el consumo de energía en las formas en que se utiliza dentro de una instalación, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre cuáles son las oportunidades de mejorar el desempeño energético. (pág. 26)

4.1.4.4 Medición de energía

Brihuega (2014) afirma:

Medir es comparar una magnitud con su patrón de referencia. Medidor de energía eléctrica, se encarga de medir el consumo energético que se ha producido en tu vivienda o negocio, en

el momento en el que nos damos de alta como clientes de este servicio, es cuando se instala el medidor energético de consumo. Este artefacto, también puede decirnos cuáles son los aparatos que están consumiendo más energía, de manera a tener un control el consumo de la electricidad, optimizar los recursos y así ahorrar en la próxima factura. (pág. 107)

Se realizaron mediciones de energía durante 24 horas en los diferentes paneles denominados de luz y fuerza, donde se encuentran conectados cada uno de los equipos del sistema de aire acondicionado, utilizando los siguientes equipos.

La figura 46 muestra la pinza amperimétrica, utilizada para medir el amperaje y voltaje de entrada al panel y alimentación a los diferentes equipos de aire acondicionado.



Figura 46: Pinza amperimétrica.

La figura 47 presenta analizador de red, equipo que se instaló en los paneles de alimentación CD/C012, CD/C011, CD/C01, CD/C33, CD/C022, con el objetivo de medir el consumo energético de cada uno de los equipos de aire acondicionado en 24 horas.



Figura 47. Analizador de red HIOKI 3166 clamp on power hi tester.

La figura 48 muestra un segundo analizador de red equipo que se instaló en los paneles de alimentación CD/C012, CD/C011, CD/C01, CD/C33, CD/C022, con el objetivo de medir el consumo energético de cada uno de los equipos de aire acondicionado en 24 horas, utilizando el software de generación de informe data view.



Figura 48. Analizador de red AMC instrument.

La figura 49 presenta gráfico de potencia analizado en software data view, datos arrojados de las mediciones captadas por el analizador de red AMC instrument. Se puede observar el comportamiento de continuo de la potencia.

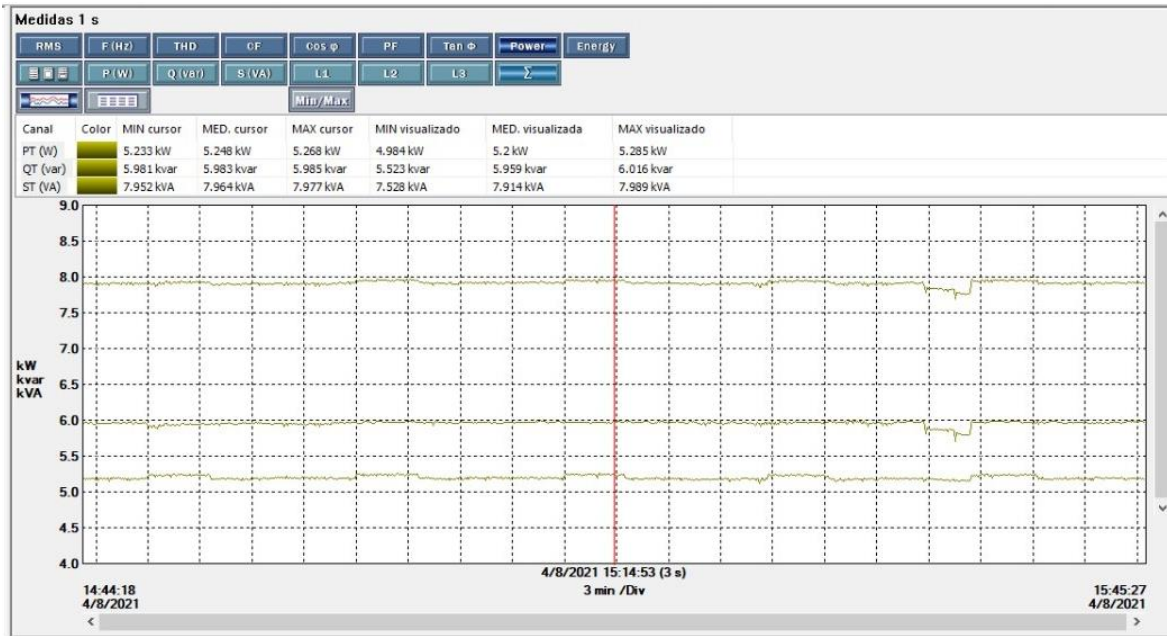


Figura 49: Gráfico de potencia, software data view.

Fuente: Elaboración propia utilizando software data view.

La tabla 24 muestra las mediciones de energía en los tableros en los diferentes recintos de la planta, con un total de 261,467.84 KWh mensuales, que equivale a L. 1,228,898.19.

Tabla 24: Medición de energía en tableros eléctricos.

N°	Fecha Inicio	Fecha Fin	Equipo	TR	kWh/dia	kWh/mes
1	26/7/2021	27/7/2021	Maquina de refrigeración 1	120	2,371.45	71143.44
2	7/7/2021	8/7/2021	Maquina de refrigeración 2	120	2,644.97	79349.10
3	27/7/2021	28/7/2021	Maquina de refrigeración 3	120	2,755.57	82667.04
4	12/7/2021	13/7/2021	Manejadora Principal	94	541.32	16239.66
5	30/6/2021	1/7/2021	Ex+E8:G28citación UPN1	14.6	24.59	737.73
6	30/6/2021	1/7/2021	Excitación UPN2	14.6	24.59	737.73
7	30/6/2021	1/7/2021	Excitación UPN3	14.6	24.59	737.73
8	30/6/2021	1/7/2021	Excitación UPN4	14.6	24.59	737.73
9	2/8/2021	3/7/2021	Manejadora UAN2	7.25	45.92	1377.65
10	29/7/2021	30/7/2021	Manejadora OCD25	9.34	18.50	554.98
11	30/7/2021	31/7/2021	Mane. TA11	7.33	7.11	213.29
12	30/7/2021	31/7/2021	Mane. TA12	7.33	7.11	213.29

Continuación de tabla 24.

N°	Fecha Inicio	Fecha Fin	Equipo	TR	kWh/día	kWh/mes
13	3/8/2021	4/8/2021	Mane. 13.8 Kv	2.58	3.79	113.70
14	4/8/2021	5/8/2021	Mane. Tranfo UPN1	7.64	25.48	764.51
15	4/8/2021	5/8/2021	Mane. Tranfo UPN2	7.64	25.48	764.51
16	4/8/2021	5/8/2021	Mane. Tranfo UPN3	7.64	25.48	764.51
17	4/8/2021	5/8/2021	Mane. Tranfo UPN4	7.64	25.48	764.51
18	3/8/2021	4/8/2021	Mane. RTU	2.58	2.73	81.79
19	3/8/2021	4/8/2021	Mane. Tranfo Reserva	2.58	3.54	106.12
20	3/8/2021	4/8/2021	Mane. Descarga Turbina	2.58	2.73	81.79
21	2/8/2021	3/7/2021	Mane. UAN1	7.25	45.92	1377.65
22	5/8/2021	5/8/2021	Mane. VE UPN2	7.33	30.86	925.74
23	5/8/2021	5/8/2021	Mane. VE UPN3	7.33	30.86	925.74
24	3/8/2021	4/8/2021	Mane. BH	2.58	2.93	87.90
25	Unidades Individuales Tipo paquete			10		0.00
Total KWh						261,467.84

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5 Medición de temperatura ambiente

Rojano Ramos (2012) indica:

El termómetro es un instrumento utilizado para medir la temperatura. La temperatura no puede medirse directamente. La variación de la temperatura puede ser determinada por la variación de otras propiedades físicas de los cuerpos volumen, presión, resistencia eléctrica, fuerza electromotriz, intensidad de radiación. (pág. 74)

La figura 50 presenta termómetro digital instalado en algunos recintos de la caverna, con el objetivo de mostrar la temperatura ambiente y humedad relativa del área. Una manera fácil de tabular las mediciones que se captaron por día.



Figura 50: Termómetro digital de pared marca EXTECH.

Fuente: Instalaciones de CHFM.

La figura 51 muestra termómetro digital utilizado para captar mediciones de temperatura en recintos donde no existe termómetro de pared.



Figura 51: Termómetro digital.

La tabla 25 muestra parte de las mediciones que se realizaron en un período de 15 días en las diferentes áreas de sala de máquinas de la CHFM, tomando en consideración los recintos donde están ubicados los equipos generadores. Temperatura ambiente que oscilan entre 25°C y 31 °C.

Tabla 25: Mediciones de temperatura en caverna de CHFM

N°	Punto de medición	Temperatura (°C)	Punto de medición	Temperatura (°C)	Punto de medición	Temperatura (°C)
1	Manejadora Principal	31.20	Excitación UPN1	26.70	Excitación UPN2	26.20
2		29.70		27.10		26.20
3		28.90		27.20		26.40
4		28.00		26.40		26.40
5		27.00		25.80		25.70
6		28.10		26.80		26.70
7		29.15		27.50		27.30
8		28.50		25.50		25.90
9		28.60		26.10		26.30
10		29.10		26.70		26.60
11		31.30		27.80		26.90
12		28.70		26.30		26.40
13		27.20		26.40		26.60
14		30.30		27.00		27.40
15		30.40		27.10		27.50
	Prom.	29.08	Prom.	26.69	Prom.	26.57

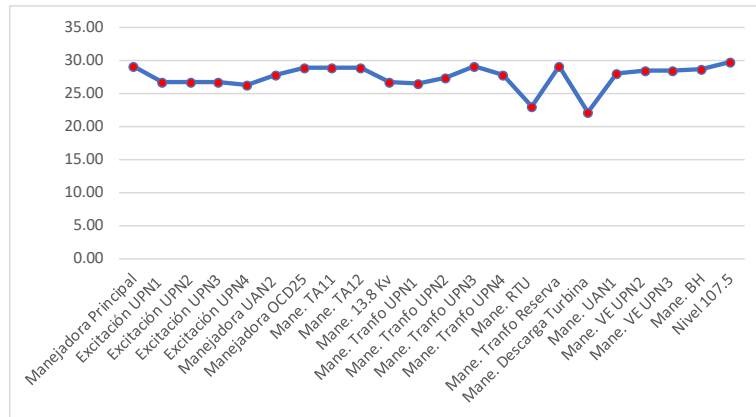
Fuente: Elaboración propia con datos de la CHFM.

La tabla 26 lista las mediciones de temperatura ejecutadas en las diferentes áreas de la planta donde se ubican cada uno de los equipos de refrigeración y espacios a enfriar. De las cuales se tomó un promedio de las mediciones por día, con la finalidad de sintetizar los datos

obtenidos. Como se puede observar en la tabla y gráfico la temperatura ambiente en las áreas oscila entre 22 °C a 30 °C.

Tabla 26: Promedio de medición de temperatura en áreas de caverna.

No.	Punto de Medición	Temp. Prom.
1	Manejadora principal	29.08
2	Excitación UPN1	26.69
3	Excitación UPN2	26.57
4	Excitación UPN3	26.63
5	Excitación UPN4	26.27
6	Manejadora UAN2	27.69
7	Manejadora OCD25	28.89
8	Mane. TA11	28.87
9	Mane. TA12	28.87
10	Mane. 13.8 Kv	26.67
11	Mane. Tranfo UPN1	26.53
12	Mane. Tranfo UPN2	27.28
13	Mane. Tranfo UPN3	28.99
14	Mane. Tranfo UPN4	27.79
15	Mane. RTU	23.06
16	Mane. Tranfo Reserva	29.00
17	Mane. Descarga Turbina	22.19
18	Mane. UAN1	27.86
19	Mane. VE UPN2	28.42
20	Mane. VE UPN3	28.42
21	Mane. BH	28.56
22	Nivel 107.5	29.62



Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos en planta de la CHFM.

4.1.4.6 Balance energético

Para Zorto (2020), un balance energético es la contabilidad de la energía que entra a una instalación e identifica en dónde está siendo usada. El propósito de un balance energético es cuantificar el consumo por energía usada.

La tabla 27 muestra los diferentes usos significativos de energía, listando el equipo de refrigeración, tablero donde se alimenta, capacidad en toneladas de refrigeración 609.02 TR, consumo diario de equipo actual 8,715.59 KWh, consumo diario del equipo nuevo 7,207.85 KWh, ahorro en consumo energético de 1,508 KWh en 24 horas. Considerando según manuales de eficiencia energética de equipo TRANE, el consumo energético de las máquinas de refrigeración es de 81.1 KWh.

Tabla 27: Identificación de usos significativos de energía.

Medición	Tablero	Destino	TR	Consumo actual	Propuesta
				KWh/24 horas	KWh/24 horas
1	OCD25D12	Máquina de refrigeración 1	120.00	2,371.45	2,371.45
2	OCD25D12	Máquina de refrigeración 2	120.00	2,755.57	1,946.40
3	OCD25D12	Máquina de refrigeración 3	120.00	2,644.97	1,946.40
4	OCH25001	Manejadora Principal	94.00	541.32	541.32
5	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN1	14.60	24.59	24.59
6	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN2	14.60	24.59	24.59
7	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN3	14.60	24.59	24.59
8	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN4	14.60	24.59	24.59
9	CD/C01.2	Manejadora UAN2	7.25	45.92	45.92
10	CD/C01.1	Manejadora OCD25	9.34	18.50	18.50
11	CD/C01.1	Mane. TA 11	7.33	7.11	7.11
12	CD/C01.1	Mane. TA 12	7.33	7.11	7.11
13	CD/C01	Mane. 13.8 Kv	2.58	3.79	3.79
14	CD/C01	Mane. Tranfo UPN1	7.64	25.48	25.48
15	CD/C01	Mane. Tranfo UPN2	7.64	25.48	25.48
16	CD/C01	Mane. Tranfo UPN3	7.64	25.48	25.48
17	CD/C01	Mane. Tranfo UPN4	7.64	25.48	25.48
18	CD/C02	Mane. RTU	2.58	2.73	2.73
19	CD/C01	Mane. Tranfo Reserva	2.58	3.54	3.54
20	CD/C33	Mane. Descarga Turbina	2.58	2.73	2.73
21	CD/C01.1	Mane. UAN1	7.25	45.92	45.92
22	CD/C02.3	Mane. VE UPN2	7.33	30.86	30.86
23	CD/C02.3	Mane. VE UPN3	7.33	30.86	30.86
24	CD/C02.3	Mane. BH	2.58	2.93	2.93
Total			609.02	8,715.59	7,207.85

Ahorro en KWh en 247 hrs.	1,508
Ahorro en KWh mensual	45,232
Ahorro en KWh anual	542,787

Fuente: Elaboración propia.

La figura 52 muestra el gráfico de Sankey de los equipos conectados en los diferentes tableros de luz y fuerza, ubicados en los diferentes niveles de la CHFM.

Castrillón & Gonzáles (2018) afirman:

Un diagrama de Sankey es una ilustración gráfica que permite visualizar los flujos energéticos de materiales o de dinero, a través de un proceso o sistema con más facilidad que una tabla de datos numéricos. Por lo general, los flujos se ilustran como flechas y, su ancho es proporcional a la magnitud que representan. Para el caso de un análisis energético, cuanto más gruesa es la línea o flecha, mayor será la transferencia de energía involucrada. (pág. 95)

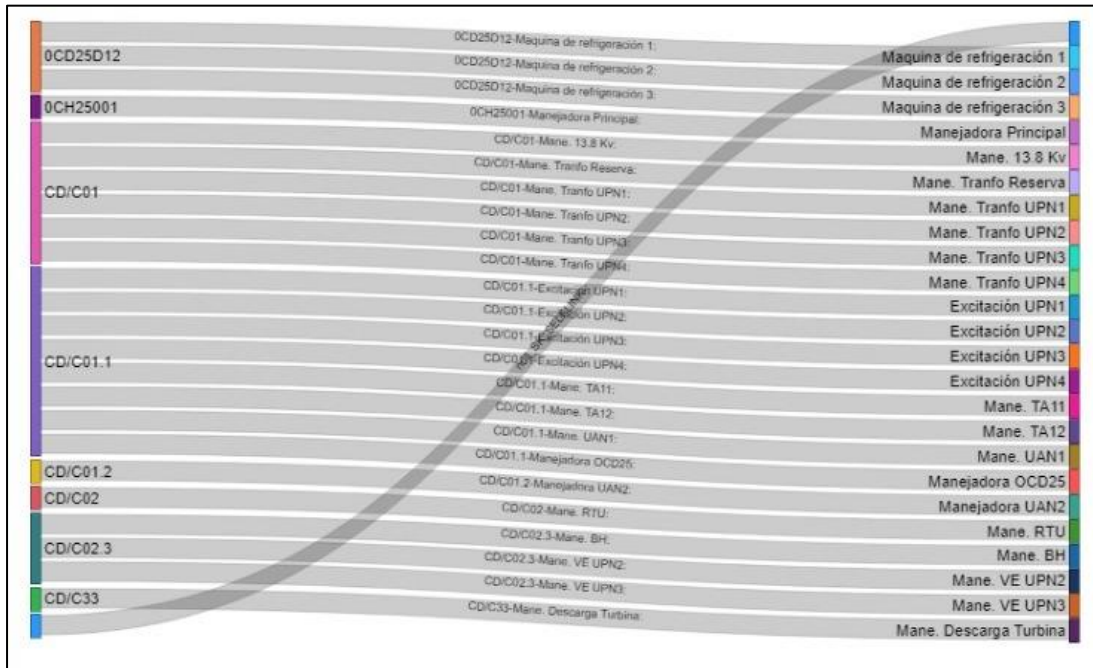


Figura 52: Gráfico de Sankey.

Fuente: Elaboración propia con datos estudio de campo.

La figura 53 muestra gráfico de Sankey, cargas en KW por tablero de los diferentes componentes del sistema de aire acondicionado de la caverna en CHFM.

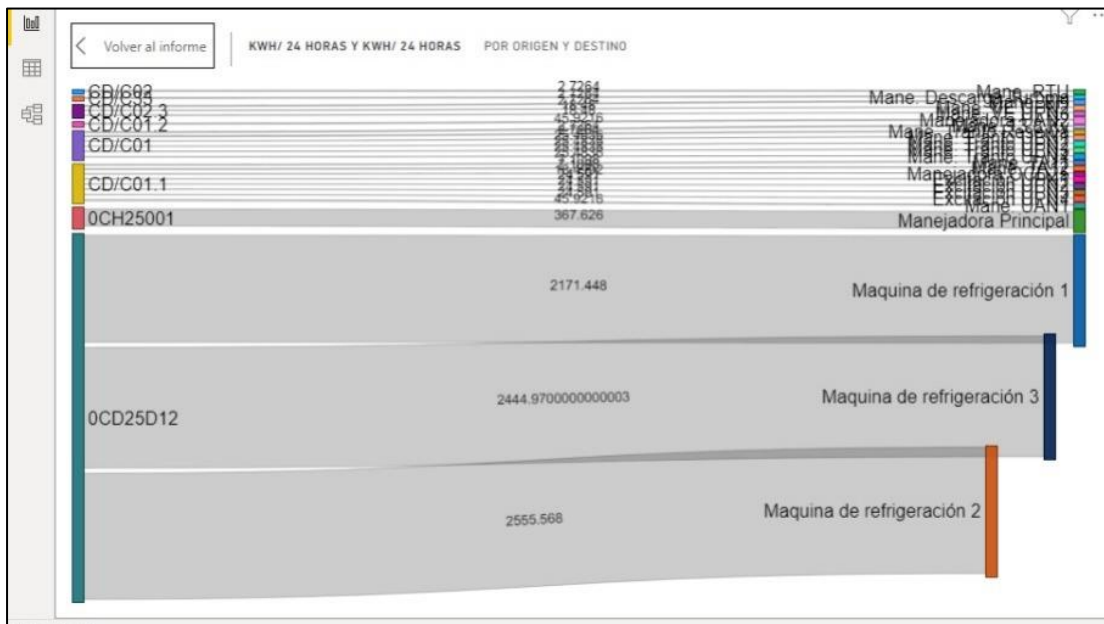


Figura 53: Gráfico Sankey, cargas en KW por tablero.

Fuente: Elaboración propia con datos estudio de campo.

4.1.4.6.1 Diagrama de Pareto

La elaboración de un diagrama de parte por costos de energía, permite concentrar los esfuerzos en los equipos de uso significativo de la energía.

Según Meza, Zárata & Contreras (2010): “El diagrama de Pareto es una herramienta muy útil que nos ayudará a la identificación de aquellos problemas que son más graves, o cuya solución puede aportar mayor beneficio” (pág. 110)

La figura 54 detalla análisis de Pareto diario de consumo energético por equipos de refrigeración, siendo los chillers los de mayor consumo.

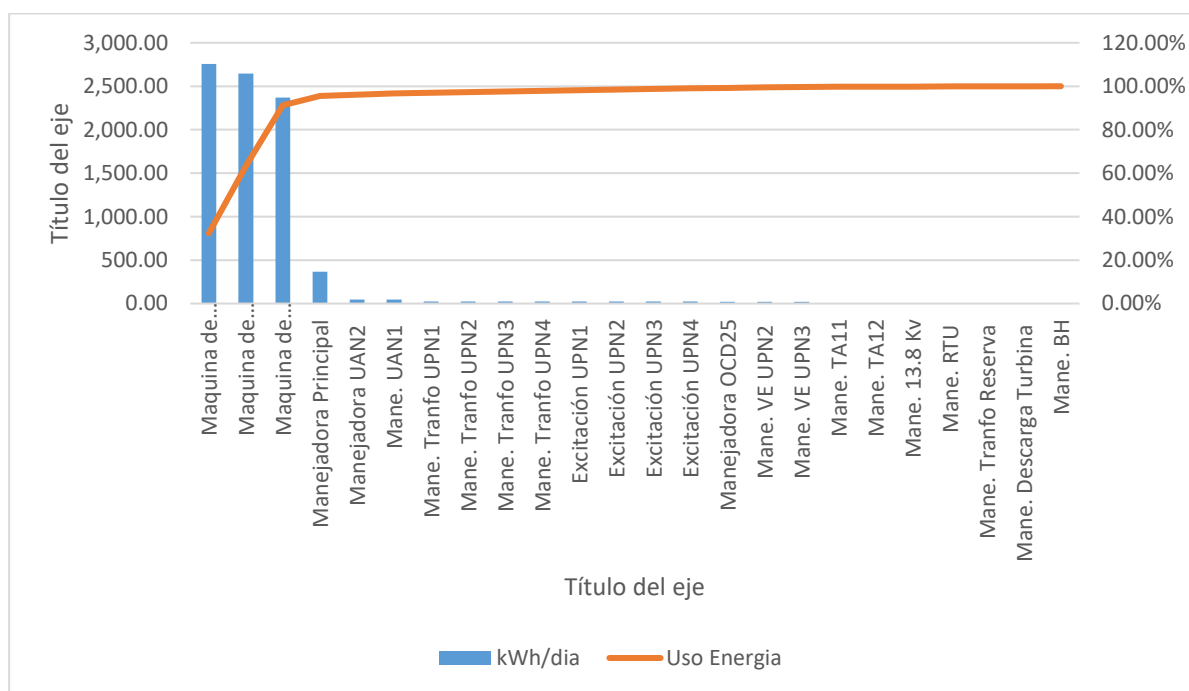


Figura 54: Análisis de Pareto diario.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 55 muestra análisis de Pareto mensual, listando los usos significativos de energía enfocándose en los chillers. Siendo estos los de mayor consumo energético dentro de la planta. El chiller dos su consumo oscila en 82,667.04 kw, el chiller tres consume una cantidad de 79, 393.10 kw, demostrando que el chiller uno es más eficiente consumiendo 71,143.44 kw mensuales. Dato que nos demuestra que el mayor consumo energético se

concentra en estos equipos, por ende, se debe reemplazar por un equipo más eficiente.

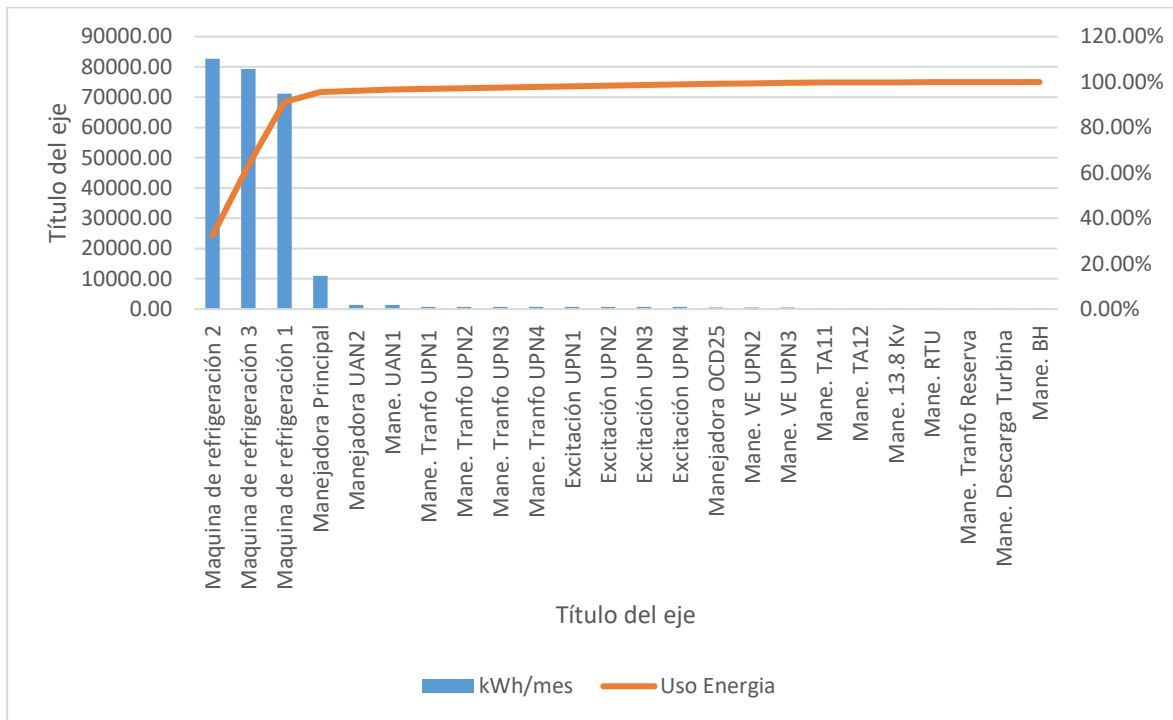


Figura 55: Análisis de Pareto mensual.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Organización el recurso humano

Baca Urbina (2010) manifiesta “La decisión de plantear en el estudio la contratación de determinados servicios externos iniciales y permanentes hará variar en gran medida los cálculos iniciales sobre inversión y costos operativos” (pág. 101)

La figura 56 muestra el organigrama detallando la estructura organizacional de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán y sus dependencias, en el caso del proyecto este sería supervisado por personal de la CHFM, dependiendo de la sección de mantenimiento mecánico.

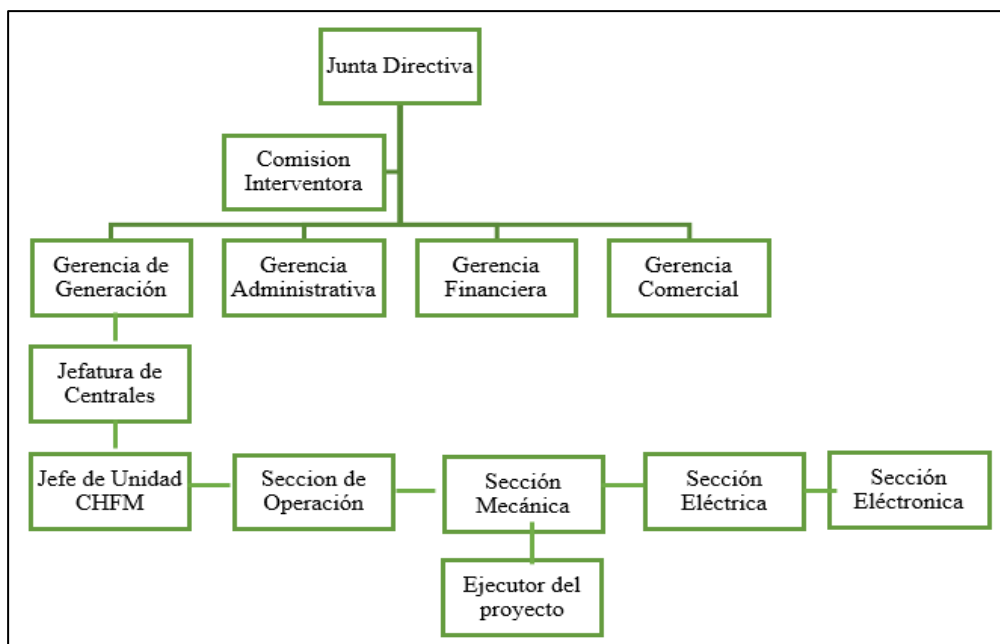


Figura 56: Organigrama de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán.

Fuente. Elaboración propia con información de ENEE.

4.2 Estudio económico

Baca Urbina (2010) afirma:

La parte del análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica. (pág. 139)

4.2.1 Inversión inicial

Baca Urbina (2010) afirma: “La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo” (pág. 143).

El proyecto de inversión será financiado en un 100% con recursos propios.

La tabla 28 muestra de manera detallada el monto de inversión inicial, desglosando costos de maquinaria y equipo (lote de repuestos stock de seguridad) por L. 230,869.10, costo de adquisición del sistema de aire acondicionado por L. 7,197,272.14, finalmente el costo de instalación y puesta en marcha del proyecto por L. 595,597.90, haciendo un gran total de inversión inicial de L. 8,023,739.14.

Tabla 28: Inversión inicial para reemplazo de equipo de refrigeración.

Proyecto: Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM					
Plan de inversión					
Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Inversión Total	Recursos Propios	Financiamiento
Inversión fija (activos fijos)					
				100%	0%
Subtotal Terreno y Edificio			0.00		
Maquinaria y equipo:					
Lote de Repuestos (stock de seguridad)	1.00	230,869.10	230,869.10		
Subtotal maquinaria y equipo			230,869.10		
Equipo:					
Adquisición de sistema aire acondicionado (dos chillers)	2.00	3,598,636.07	7,197,272.14		
Instalación	1.00	595,597.90	595,597.90		
Subtotal de equipo			7,792,870.04		
Total inversión fija			8,023,739.14		
Gran total inversión fija			8,023,739.14		
Total inversión			8,023,739.14	8,023,739	0

Fuente. Elaboración propia ENEE (2021).

4.2.1.1 Estructura de capital

La tabla 29 detalla el costo de capital promedio ponderado utilizado para proyectos de inversión para la ENEE. Cabe recalcar que la ENEE no paga impuesto sobre la renta por ende este es cero.

Tabla 29. Costo de capital ponderado.

Costo promedio capital ponderado			
Concepto	Inversión Total	Recursos Propios	Financiamiento Banco
Monto	8,023,739	8,023,739	0
%	100.00%	100.00%	0.00%
Costo de Capital		18.05%	0.00%
Costo de Capital Promedio Ponderado	18.05%	18.05%	0.00%
Costo capital real		18.0%	0.00%
Inflación		5.1%	
Tasa impuesto S/R			0%

Fuente: Elaboración propia con datos de ENEE (2021).

4.2.2 Ahorros generados por consumo eléctrico

La tabla 30 muestra los ahorros que se generarían al hacer el cambio de los equipos con mayor uso significativos de energía, este ahorro oscila en 45,232.28 KWh mensual, lo que representa un costo en 160,573.60 lempiras mensuales, equivalente a 1,953,654.11 lempiras al año.

Tabla 30: Representación de ahorros generados.

Medición	Tablero	Destino	Consumo actual	Propuesta
			KWh/24 horas	KWh/24 horas
1	0CD25D12	Máquina de refrigeración 1	2,371.45	2,371.45
2	0CD25D12	Máquina de refrigeración 2	2,644.97	1,946.40
3	0CD25D12	Máquina de refrigeración 3	2,755.57	1,946.40
4	0CH25001	Manejadora Principal	541.32	541.32
5	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN1	24.59	24.59
6	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN2	24.59	24.59
7	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN3	24.59	24.59
8	CD/C01.1	Mane.Excitación UPN4	24.59	24.59
9	CD/C01.2	Manejadora UAN2	45.92	45.92
10	CD/C01.1	Manejadora OCD25	18.50	18.50
11	CD/C01.1	Mane. TA 11	7.11	7.11
12	CD/C01.1	Mane. TA 12	7.11	7.11
13	CD/C01	Mane. 13.8 Kv	3.79	3.79
14	CD/C01	Mane. Tranfo UPN1	25.48	25.48
15	CD/C01	Mane. Tranfo UPN2	25.48	25.48
16	CD/C01	Mane. Tranfo UPN3	25.48	25.48
17	CD/C01	Mane. Tranfo UPN4	25.48	25.48
18	CD/C02	Mane. RTU	2.73	2.73
19	CD/C01	Mane. Tranfo Reserva	3.54	3.54
20	CD/C33	Mane. Descarga Turbina	2.73	2.73
21	CD/C01.1	Mane. UAN1	45.92	45.92
22	CD/C02.3	Mane. VE UPN2	30.86	30.86
23	CD/C02.3	Mane. VE UPN3	30.86	30.86
24	CD/C02.3	Mane. BH	2.93	2.93
Total			8,715.59	7,207.85

Ahorro en KWh mensual	45,232
-----------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Depreciación de activos fijos

Baca Urbina (2010) afirma:

El término depreciación tiene exactamente la misma connotación que amortización, pero el primero sólo se aplica al activo fijo, ya que con el uso estos bienes valen menos; es decir, se deprecian; en cambio, la amortización sólo se aplica a los activos diferidos o intangibles, ya que, por ejemplo, si se ha comprado una marca comercial, ésta, con el uso del tiempo, no baja de precio o se deprecia, por lo que el término amortización significa el cargo anual que se hace para recuperar la inversión. (pág. 144)

La tabla 31 detalla la depreciación del equipo e instalación en línea recta en un período de 25 años, con un valor o año de L. 285,011.89, de igual manera se deprecia el lote de repuesto de seguridad en 5 años, con un valor de L. 2,878.91, haciendo un total de depreciación de L. 287,890.89.

Tabla 31: Depreciación del equipo en línea recta.

Proyecto: prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM										
Plan de depreciaciones y amortizaciones										
Descripción	Cantidad	Costo Unitario de Adquisición	Total	Vida Util (años)	Valor de Rescate 1%	Depreciación Anual				
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Depreciaciones de repuestos										
Lote de Repuestos (stock de seguridad)	1	230,869.10	230,869.10	5	2,308.69	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91
Subtotal Depreciaciones de Producción			230,869.10		2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91
Depreciación Mobiliario y Equipo										
Adquisición de sistema aire acondicionado (dos chillers)	2	3,598,636.07	7,197,272.14	25	71,972.72	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
Subtotal Dep. Mobiliario y Equipo			7,792,870.04		71,972.72	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
TOTAL DEPRECIACIONES						287,890.89	287,890.89	287,890.89	287,890.89	287,890.89

Fuente: Elaboración propia ENEE (2021).

4.2.4 Costos de operación y mantenimiento

La tabla 32 detalla los costos de operación y mantenimiento del equipo de refrigeración actual versus el equipo nuevo de acuerdo con el tipo de visita y horas de ejecución de las mismas, incurriendo en pago de salario equivalente a L. 122. Por hora, obteniendo un egreso de L. 29,280.00 por concepto de mano de obra. Y un ahorro de L. 46848.00.

Tabla 32: Costos de operación y mantenimiento de equipo actual versus nuevo.

Frecuencia de visitas por mantenimiento (costo mano de obra)							
No.	Equipo	Sección	Responsables	Total horas hombre EA	Total horas hombre EN	Salario promedio por hora	Total
1	Maquina de Refrigeración de Condensador enfriado por agua (CHILLER)	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
2		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
3	Manejadora de aire para recintos de cuartos de excitación de UPN1	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
4		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
5	Manejadora de aire para recintos de cuartos de excitación de UPN2	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
6		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
7	Manejadora de aire para recintos de cuartos de excitación de UPN3	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
8		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
9	Manejadora de aire para recintos de cuartos de excitación de UPN4	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
10		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
11	Manejadora de aire para recinto de cuarto OCD-25	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
12		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
13	Manejadoras de aire cuarto 13.8 KV	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
14	Manejadoras de aire para recintos de estacion remota (RTU)	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
15		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
16	Manejadoras de aire cuarto transformador de reserva	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
17		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
18	Manejadora de aire para recinto de valvulas esferica 1	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
19		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
20	Manejadora de aire para recinto de valvulas esferica 2	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
21		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
22	Manejadora de aire para recinto de valvulas esfericas	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
23		Mecánico	2	24	8	L 122	L 976

Continuación de tabla 32.

Frecuencia de visitas por mantenimiento (costo mano de obra)							
No.	Equipo	Sección	Responsables	Total horas hombre EA	Total horas hombre EN	Salario promedio por hora	Total
24	Unidad de aire acondicionado tipo paquete ((ROFTOP)	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
26	Unidades tipo paquete	Mecánico	2	24	40	L 122	L 4,880
27	Unidad tipo paquete	Mecánico	2	24	8	L 122	L 976
Total mano de obra							L 29,280

Detalle	Equipo actual	Equipo nuevo
Hrs de mantto	624	240
Costo hora	122	122
Costos O&M	L76,128	L29,280
Diferencia	L46,848	

Fuente: elaboración propia.

La tabla 33 lista los costos de operación y mantenimientos mensual que serán destinados para el equipo el equipo que se reemplazará, considerando adquisición de gases refrigerantes y equipo de oxicorte con un valor de L. 20,720.00, repuestos varios para reemplazo en los equipos de aire acondicionado por L. 50,000.00, además incluyendo el costo por mano de obra L. 29,280.00, para hacer un total de L. 100,000.00, anuales.

Tabla 33: Costo de operación y mantenimiento.

Gastos por mantenimiento				
Detalle	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	Total
Gases refrigerantes, oxígeno, acetileno	c/u	2	L 10,360.00	L 20,720.00
Repuestos varios para equipo de aire acondicionado	c/u	1	L 50,000.00	L 50,000.00
Mano de obra	c/u	1	L 29,280.00	L 29,280.00
Total				L 100,000.00

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Evaluación económica

Baca Urbina (2010) afirma: "La evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto" (pág. 181).

4.2.5.1 Flujo de caja

La tabla 34 muestra el estudio financiero con el escenario utilizando capital propio en un 100%, costo de capital ponderado es de 18%, generando de esta manera una TIR de 24% y un VAN de L.2,514,634.81, con un ICB de 1.16, periodo de recuperación de 4 años, siendo rentable la ejecución del proyecto reemplazo de sistema de aire acondicionado en sala de máquinas de la CHFM. Generando ahorros de aproximadamente L.1,973,743.00 para el año uno mostrando un aumento en los años siguientes de acuerdo con el incremento del 1% en el precio del KWh. Se realizó el análisis del flujo descontado tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Tabla 34: Flujo de caja.

Inversión		Energía		Kwh	
Adquisición de equipo	L 7,197,272.14	Ahorro mensual	45,232	Ahorro en manto	3,904
Lote de Repuestos	L 230,869.10				
Instalación y puesta en marcha	L 595,597.90				
Total	L 8,023,739.14				

Descripción	Período en años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		L 1,973,743	L 1,993,012	L 1,844,768	L 2,032,130	L 2,051,983	L 2,053,654	L 2,055,325	L 2,056,996	L 2,058,667	L 2,060,338
Ahorro	L -	L 1,926,895.17	L 1,946,164.12	L 1,965,625.76	L 1,819,841.85	L 1,838,040.27	L 1,856,420.67	L 1,874,984.88	L 1,893,734.73	L 1,912,672.08	L 1,931,798.80
KWh		542,787	542,787	542,787	497,555	497,555	497,555	497,555	497,555	497,555	497,555
Precio Acumulado Anual	L -	L 3.55	L 3.59	L 3.62	L 3.66	L 3.69	L 3.73	L 3.77	L 3.81	L 3.84	L 3.88
Ahorro en mantenimiento	L -	L 46,848.00	L 46,848.00	L 42,944.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00
Gastos	L -	L 334,064.71	L 434,064.71	L 397,892.65	L 434,064.71	L 434,064.71	L 434,064.71	L 434,064.71	L 434,064.71	L 434,064.71	L 434,064.71
(-) Gasto de depreciación		L 334,064.71	L 334,064.71	L 306,225.98	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
Gastos de mantenimiento	L -		L 100,000.00	L 91,666.67	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00
Utilidad neta de operación		L 1,639,678.47	L 1,558,947.42	L 1,446,874.97	L 1,598,065.32	L 1,617,918.14	L 1,619,589.08	L 1,621,260.03	L 1,622,930.97	L 1,624,601.92	L 1,626,272.86
(+) Gasto de depreciación		L 334,064.71	L 334,064.71	L 306,225.98	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
Inversión Inicial	-L 8,023,739.14	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -
Flujo neto de efectivo	-L 8,023,739	L 1,973,743	L 1,893,012	L 1,753,101	L 1,932,130	L 1,951,983	L 1,953,654	L 1,955,325	L 1,956,996	L 1,958,667	L 1,960,338
Flujo acumulado	-L 8,023,739.14	-L 6,049,995.97	-L 4,156,983.85	-L 2,403,882.90	-L 471,752.88	L 1,480,229.97	L 3,433,883.75	L 5,389,208.49	L 7,346,204.16	L 9,304,870.79	L 11,265,208.36
Flujo descontado		L1,672,663.70	L1,359,531.83	L1,066,991.36	L996,571.17	L853,229.69	L723,694.98	L613,825.38	L520,635.54	L441,593.28	L374,550.85
Periodo de recuperación en años	8.416021324										

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 35 presenta los datos obtenidos del flujo de caja, la tasa de descuento utilizada es del 18% de acuerdo con tasa tarifarias aplicada a las empresas estatales, VAN de L. 2,514,634.81. TIR de 24% y un período de recuperación de cuatro años.

Tabla 35: Resultados de flujo de caja.

TIO	18%
VAN	L2,514,634.81
TIR	24%
PR	4

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.2 Índice de beneficio costo

La tabla 36 muestra el resultado de la VAN ingresos L. 11,972,109.08, la VAN egresos 2,266,234.73, para obtener una VAN de ingreso más la inversión inicial de L. 10,289,973.87, utilizando una tasa de descuento del 18%, obteniendo así mayor un índice beneficio costo de L. 1.16, es decir mayor a uno, financieramente el proyecto es rentable.

Tabla 36: Análisis de beneficio costo, inversión con fondos propios.

Flujo de caja			
Periodo	Inversión	Ingresos	Egresos
0	L8,023,739.14	L -	L -
1		L 1,973,743.17	L 334,064.71
2		L 1,893,012.12	L 434,064.71
3		L 1,753,100.95	L 397,892.65
4		L 1,932,130.02	L 434,064.71
5		L 1,951,982.84	L 434,064.71
6		L 1,953,653.79	L 434,064.71
7		L 1,955,324.73	L 434,064.71
8		L 7,346,204.16	L 434,064.71
9		L 1,958,666.62	L 434,064.71
10		L 1,960,337.57	L 434,064.71
11		L 1,962,007.52	L 434,065.71
12		L 1,963,677.46	L 434,066.71
13		L 1,965,347.41	L 434,067.71
14		L 1,967,017.35	L 434,068.71
15		L 1,968,687.30	L 434,069.71

Inversión	L8,023,739.14
Tasa descuento	18.00%

Continuación de tabla 36.

Flujo de caja			
Periodo	Inversión	Ingresos	Egresos
16		L 1,970,357.24	L 434,070.71
17		L 1,972,027.19	L 434,071.71
18		L 1,972,026.19	L 434,072.71
19		L 1,973,712.84	L 434,073.71
20		L 1,975,399.50	L 434,074.71
21		L 1,977,086.16	L 434,075.71
22		L 1,978,772.81	L 434,076.71
23		L 1,980,459.47	L 434,077.71
24		L 1,982,146.12	L 434,078.71
25		L 1,983,832.78	L 434,079.71
VAN Ingresos		L	11,972,109.08
Van Egresos		L	2,266,234.73
Van Egresos + Inversión		L	10,289,973.87
Costo-Beneficio		L	1.16

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.3 Análisis de sensibilidad

La tabla 37 detalla el análisis de sensibilidad, se estima pronosticar escenarios considerando el ahorro energético generados por el reemplazo del equipo de aire acondicionado. Tomando en cuenta tres escenarios, más probable con los datos reales obtenidos del proyecto con in IBC del 1.16. VAN del L.2,514,634.81 y un período de recuperación de cuatro años. optimista con un 10% más de los ahorros reales generados dando un IBC de 1.30, VAN de L.3,588,786.254, período de recuperación a tres años con seis meses. Y pesimista con un 10% menos de los ahorros reales obteniendo como resultado un IBC de 1.02, VAN de L.1,440,483.38, período de recuperación de cuatro años con dos meses. Concluyendo que si dejamos de percibir un 10% menos de los ahorros el proyecto financieramente no sería viable.

Tabla 37: Análisis de sensibilidad

Análisis de escenarios			
	Más probable	Optimista	Pesimista
Resultados			
Ingresos	100%	110%	90%
Inflación	100%	90%	110%
Tasa de descuento	18%	18%	18%
Tasa Financiamiento			

Continuación de la tabla 37.

Análisis de escenarios			
	Más probable	Optimista	Pesimista
Resultados			
Estructura de Capital			
Fondos Propios	100%	100%	100%
Financiamiento	0%	0%	0%
Técnicas de Presupuesto de Capital			
Período de Recuperación	4	3.6	4.2
Valor Presente Neto	L. 2,514,634.81	L. 3,588,786.254	L. 1,440,483.38
Tasa Interna de Retorno	24%	26%	21%
Índice de Rentabilidad	1.16	1.30	1.02

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Comprobación de la hipótesis

Para poder realizar la prueba de la hipótesis planteada en la presente investigación es necesario establecer las siguientes condiciones:

- a) Sí, el cociente de IBC es mayor a 1; se acepta H_i y se rechaza H_0 .
- b) Sí, el valor de IBC es menor a 1; se rechaza H_i y se acepta H_0 .

Por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_i , H_i : cociente del resultado es 1.16, es decir mayor a uno.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según Baca Urbina (2010) “ Las conclusiones de toda metodología o investigación sirven de base para que los inversionistas tomen una decisión de inversión” (pág. 302).

5.1 Conclusiones

Se listan las conclusiones más relevantes de este proyecto de investigación.

1. Según el estudio realizado en la caverna de la CHFM, se determinó que el consumo de aire acondicionado en KWh es de 261,467.70 mensual, equivalente a L. 1,228,898.19.
2. Mediante el estudio y análisis realizado a los diferentes recintos de caverna, se determinó las cargas térmicas a disipar por los equipos de enfriamiento, equivalente a 8,885,427 BTU/H, que corresponde a 724 TON de refrigeración.
3. Reemplazar los chillers dos y tres generaría altos beneficios económicos. El consumo generado por todo el sistema de enfriamiento oscila en 8,715.59 KWh diarios, con el cambio de los dos chillers de mayor consumo se proyecta un nuevo consumo de 7,207.81 KWh diarios. Con el reemplazo del nuevo sistema estos consumos disminuirán un 17.3 % apropiadamente que representa un ahorro de L. 1,953,654.11 anual.
4. Se determinó mediante el análisis económico concluyendo que el IBC es de 1.16, es decir mayor a uno, por lo que el proyecto financieramente es rentable. Además, considerando la operatividad del equipo de generación el cambio del sistema de aire acondicionado se vuelve necesario de acuerdo a la antigüedad del equipo instalado actualmente.

5.2 Recomendaciones

1. Mediante el estudio realizado en campo referente al consumo energético se recomienda

reemplazar el sistema de aire acondicionado actual por otro que sea eficiente en cuanto a consumo energético, operación, mantenimiento y amigable con el medio ambiente.

2. Se recomienda realizar un estudio de carga térmica a detalle, analizando cada uno de los equipos ubicados en los diferentes recintos que comprende sala de máquinas para obtener un mejor resultado en el desempeño del sistema de enfriamiento y distribución de las toneladas de refrigeración.

3. Se sugiere realizar la sustitución los chillers dos y tres, ya que de acuerdo a las mediciones de los diferentes tableros son los que consumen la mayor cantidad de energía del sistema. El consumo generado por todo el sistema de enfriamiento oscila en 8,715.59 KWh diarios, con el cambio de los dos chillers de mayor consumo se proyecta un nuevo consumo de 7,207.81 KWh diarios. Con el reemplazo del nuevo sistema estos consumos disminuirán un 17.3 % apropiadamente que representa un ahorro de L. 1,926,883.20 anual.

4. Se determinó que la adquisición y reemplazo del sistema de aire acondicionado es financieramente rentable, de acuerdo al resultado del cociente 1.16 del IBC siendo este mayor a uno, por lo que se recomienda implementar el proyecto considerando la operatividad del equipo de generación. El cambio del sistema de aire acondicionado se vuelve necesario de acuerdo a la antigüedad del equipo instalado actualmente.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

En este último capítulo de la investigación se plasman los resultados de los capítulos anteriores basado en las conclusiones y recomendaciones. Se procura instalar un nuevo sistema de aire acondicionado en caverna de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán. Considerando que el sistema de acondicionamiento de aire actual cuenta con más de 35 años de servicio, por ende, está obsoleto. Cabe recalcar que por ser un sistema de enfriamiento discontinuado los repuestos son adquiridas a proveedores exclusivos, no se encuentran en el mercado local. Por tal razón los costos de mantenimiento se encarecen.

6.1 Título de la propuesta

“Plan de reemplazo, sistema de aire acondicionado, en caverna de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán”

6.2 Justificación

Debido a la temperatura ambiente actual de la sala de máquinas en caverna de la CHFM que oscila entre 26°C a 30°C, se propone el reemplazo de dos máquinas de enfriamiento (chillers). Para lograr una temperatura ambiente en los recintos alrededor de 25°C, que contribuya a mejorar el desempeño energético, reducción de costos de operación y mantenimiento.

Por medio de un programa de reemplazo de estas máquinas de refrigeración para lograr un ahorro de 45,233 KWh mensuales equivalentes a L. 160,573.60 lempiras mensuales, que en un año representan L. 1,926,883.20 de Ahorro en el uso de energía más eficiente.

6.3 Alcance de la propuesta

El presente proyecto tiene contemplado realizar la sustitución de dos máquinas de enfriamiento (chillers) en la central Hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán, que tiene el mayor consumo energético por máquinas más eficientes que permitan lograr las temperaturas ambientes de 25°C en la sala de máquinas, para optimizar el consumo energético, reducir los costos de operación y mantenimiento.

Para este proyecto se definen dos componentes principales:

1. Desmontaje del equipo actual (máquinas de enfriamiento, bombas, intercambiador de calor y tubería asociada).

Se desmontarán las máquinas de enfriamiento actuales (chiller dos y tres), retirándolas de los recintos en los que actualmente están instalados, así mismo se desinstalará las bombas de agua, intercambiadores de calor y la tubería asociada.

2. Suministro e instalación de equipo nuevo actual (máquinas de enfriamiento, bombas, intercambiador de calor y tubería asociada).

Se instalarán las nuevas máquinas de enfriamiento (chiller dos y tres), en los recintos donde antes se encontraban los chiller anteriores, además se instalarán las bombas de agua, intercambiadores de calor y la tubería asociada.

3. Adecuación de las instalaciones existentes (readecuación y sellado de tuberías de entrada y salida de agua, tuberías y cableados de alimentadores eléctricos).

Las máquinas de enfriamiento nuevas, se deberán acoplar a la red de tubería de entrada y salida de agua existente, como también se deberá adecuar a la red de cableado de alimentadores eléctricos existentes.

4. Protocolo de pruebas (protocolo de comisionamiento, configuración y puesta en marcha).

Una vez instalado el equipo y acoplado a red de tuberías, cableado de alimentación eléctrica, se realizan las pruebas y afinaciones pertinentes para poner en marcha el equipo. Así asegurar el buen funcionamiento del mismo.

5. Capacitación (sesiones de entrenamiento).

Para que el equipo opere de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, se empoderará a los técnicos encargados de las unidades eléctrico y mecánico, capacitándoles de acuerdo al manual de uso del equipo para ser capaces de identificar y corregir fallas del equipo.

6.4 Descripción y desarrollo a detalle de la propuesta

La figura 57 muestra el desarrollo de la propuesta del proyecto.

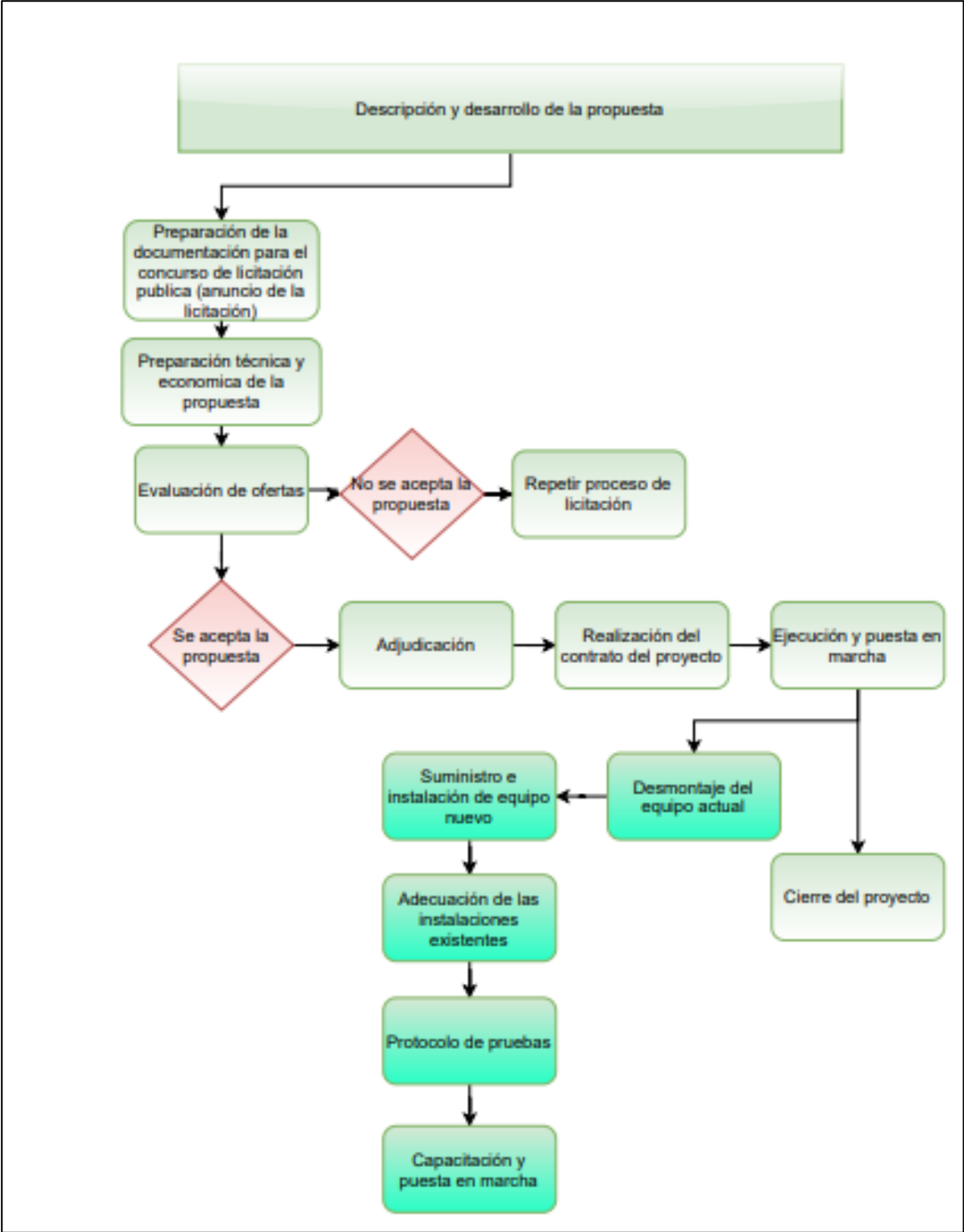


Figura 57: Diagrama de la propuesta

Fuente: Elaboración propia.

6.4.1 Preparación de la documentación para el concurso de licitación pública:

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) invita a los oferentes elegibles interesados a presentar ofertas selladas para el “Suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica Francisco Morazán.”

El financiamiento para la realización del proyecto proviene exclusivamente de fondos nacionales. La licitación se efectuará conforme a los procedimientos de licitación pública nacional (LNP) establecidos en la Ley de Contratación del Estado y su Reglamento.

1. Preparación técnica y económica de los oferentes:

Los oferentes deberán presentar sus propuestas en tiempo y forma establecidos por la ENEE.

2. Apertura de oferta:

Las ofertas que se reciban, se abren en presencia de los representantes de los oferentes que deseen asistir a la apertura de ofertas.

3. Evaluación de ofertas:

Se realizará la evaluación de cada una de las ofertas por miembros de un comité establecido por la ENEE, con la finalidad de que el proceso sea legítimo y obtener aquella oferta que cumpla con cada uno de los requerimientos y especificaciones del proyecto.

4. Adjudicación:

Se adjudicará el proyecto a aquella empresa que cumpla con cada uno de los requerimientos técnicos establecidos para el desarrollo del proyecto, así mismo aquella empresa que tenga la capacidad técnica y financiera de llevar a un buen término la ejecución del proyecto de acuerdo con la ley de contratación del estado y sus reglamentos.

5. Realización del contrato del proyecto:

La unidad ejecutora que hará la supervisión y seguimiento será el departamento servicios generales de la empresa nacional de energía eléctrica (ENEE), así como el departamento legal se procede a elaborar el contrato estableciendo la fecha en que iniciará el proyecto entre la empresa que ganó la oferta y la (ENEE), firmando en ambas partes un representante que quedará a cargo de la supervisión a lo largo del proyecto.

6. Ejecución y puesta en marcha del proyecto:

Al momento de dar inicio al proyecto la sección de mantenimiento mecánico y eléctrico se encargará de la supervisión del desmontaje del equipo actual, el cual será ubicado en sala de máquinas de la central hidroeléctrica Francisco Morazán. Para el bien desmontado se realizará el trámite de descargo mediante la dependencia de bienes nacionales, proceso que se demora aproximadamente seis meses.

- a. Desmontaje del equipo actual (máquinas de enfriamiento, bombas, intercambiador de calor y tubería asociada).
- b. Suministro e instalación de equipo nuevo actual (máquinas de enfriamiento, bombas, intercambiador de calor y tubería asociada).
- c. Adecuación de las instalaciones existentes (readecuación y sellado de tuberías de entrada y salida de agua, tuberías y cableados de alimentadores eléctricos).
- d. Protocolo de pruebas (protocolo de comisionamiento, configuración y puesta en marcha).
- e. Capacitación y puesta en marcha.

Cabe mencionar que cualquier beneficio monetario obtenido por el equipo desmontado no ingresa a las cuentas de ENEE, ya que todo equipo que se descarga de las instituciones públicas es un bien nacional y si este es vendido pasa a una cuenta del estado.

Llegado el momento en que se haya terminado el desmontaje por parte de ENEE, el contratista procederá a la ejecución y puesta en operación del sistema de aire acondicionado, proyecto que estará supervisado por personal de ENEE correspondiente a la sección mecánica de la central hidroeléctrica Francisco Morazán (CHFM).

De no presentarse imprevistos que retrasen o que interfieran en la ejecución de este, el contratista tendrá que cumplir en tiempo y forma la finalización y entrega del proyecto a ENEE.

7. Cierre del proyecto

Una vez el contratista allá finalizado el proyecto este tendrá un cierre el cual será documentado mediante un acta de cierre, documento que será firmado por ambas partes de esta manera la ENEE recibe de conformidad el proyecto y que este ha cumplido con el tiempo, costos y alcance descrito.

6.5 Cronograma de implementación y Presupuesto

En el cronograma se muestra de manera ordenada la planificación que se llevará a cabo para la ejecución del proyecto de desmontaje, suministro e instalación del nuevo equipo, junto con la puesta en marcha del sistema de aire acondicionado en la central hidroeléctrica Francisco Morazán. En este se detallan los responsables y las fechas tentativas de duración de cada una de las actividades.

Es preciso mencionar que el proceso de licitación puede tardar más de lo programado o esta se declare fallida debido a que ninguno de los oferentes cumpla con las especificaciones requeridas para la ejecución del proyecto. Si fuera el caso este se reprogramaría para llevar a cabo un nuevo proceso de licitación el cual tardaría el mismo tiempo programado.

La figura 57, muestra la estructura desglosada y organizada del trabajo requerido para completar el proyecto.

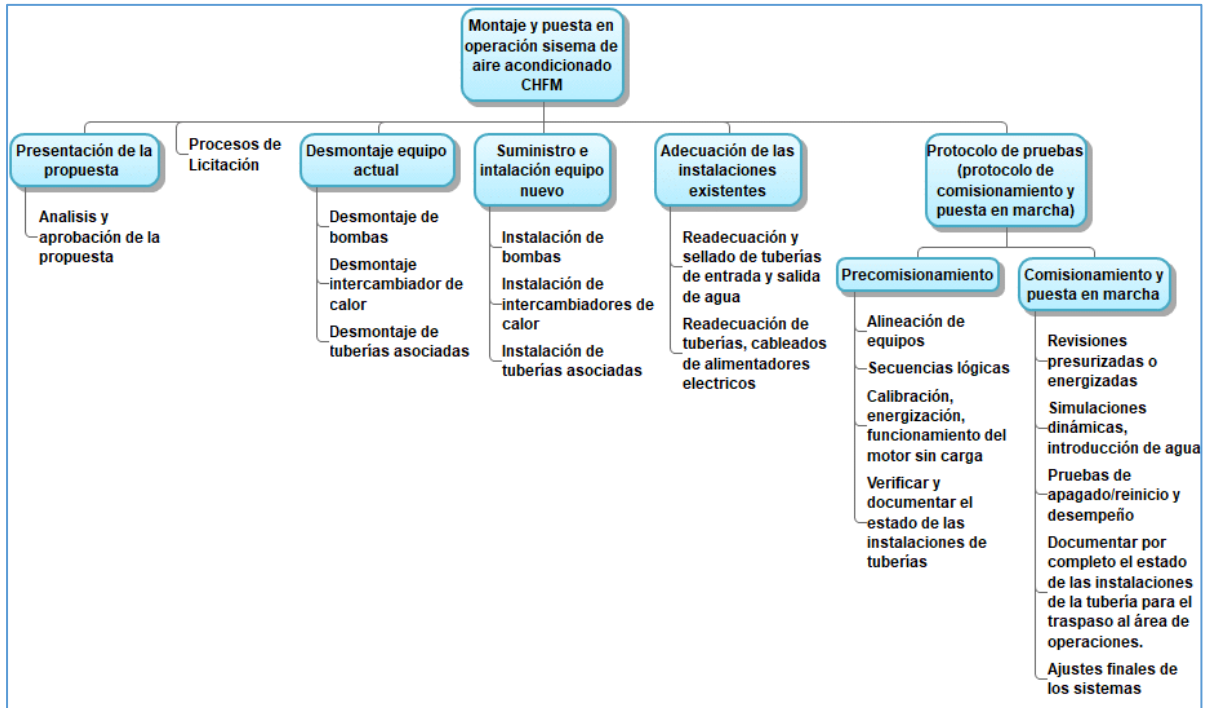


Figura 58: EDT

Fuente: Elaboración propia.

La figura 58 lista el cronograma de ejecución para el proyecto de reemplazo sistema de aire acondicionado en CHFM, mismo que parte de la presentación de la propuesta. Se estructura en la EDT de acuerdo a las predecesoras de cada actividad incluyendo el responsable de las tareas, duración probable y/o período en días, obteniendo un total de 237 días probables para el reemplazo y puesta en marcha del proyecto.

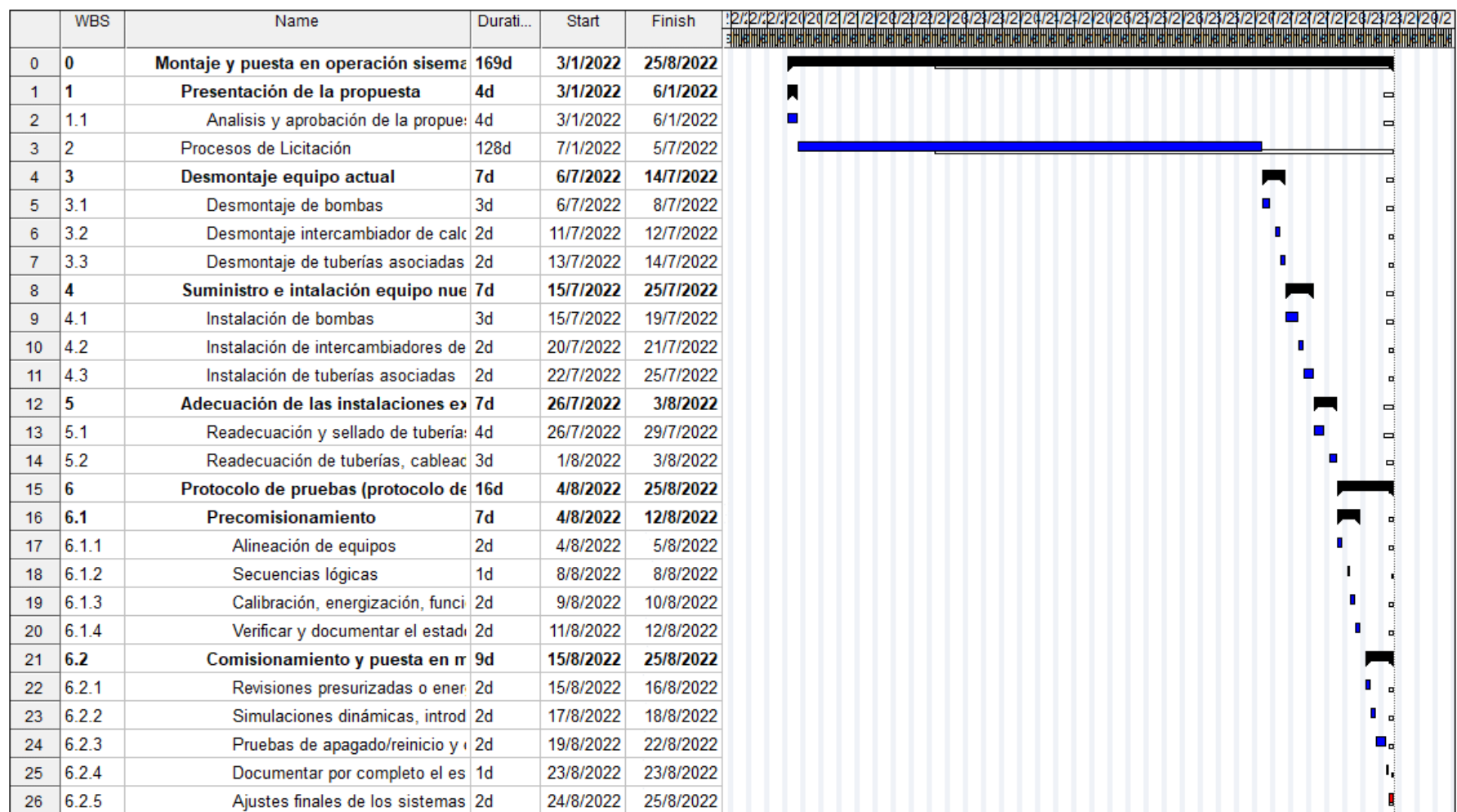


Figura 59: Cronograma de ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

La inversión del Proyecto será con recursos propios, fondos destinados a la generación de energía eléctrica mediante objeto de gasto 39600 de repuestos y accesorios, para lo cual mediante adquisición planeada se destinaron L.7,500,000, por lo tanto, se hará un reajuste a lo planificado tomando del objeto de gasto el faltante equivalente a L523,739.14 haciendo un total de inversión de L8,023,739.14.

La tabla 38 detalla el plan de inversión inicial necesario para la ejecución del proyecto de reemplazo sistema de aire acondicionado en CHFM, la adquisición del equipo con un valor de L. 7,197,272.14, entre la adquisición de las dos máquinas de enfriamiento, lote de repuestos por L. 230,869.10, el costo de instalación y puesta en marcha L. 595,597.90, además se recomendó verificación del diseño de carga térmica con un costo de L. 60,000.00, para un gran total de L. 8,083,739.14. Los costos de la capacitación al personal están incluidos dentro de la instalación y puesta en marcha del equipo a reemplazar.

Tabla 38: Plan de inversión para proyecto reemplazo sistema de aire acondicionado

Inversión	
Adquisición de equipo	L 7,197,272.14
Lote de Repuestos	L 230,869.10
Instalación y puesta en marcha	L 595,597.90
Verificación del diseño de carga térmica	L 60,000.00
Total	L 8,083,739.14

Fuente: Elaboración propia con cifras de ENEE.

6.6 Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Con el objetivo de guiar la puesta en marcha del presente proyecto, se presenta un plan que analiza la congruencia entre el título del proyecto, objetivos, conclusiones y recomendaciones sobre las variables del estudio técnico y estudio económico establecidas. Para dar respuesta a la ineficiencia en sistema de aire acondicionado presentada en caverna de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán.

La tabla 39 muestra la relación y concordancia de este estudio, entre objetivo general, específico, conclusiones y recomendaciones, seguido del plan de acción.

Tabla 39: Congruencia del plan de acción.

Título	Objetivos		Conclusiones	Recomendaciones	Plan de acción
	General	Específicos			
Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM	Determinar las oportunidades de mejora que permitan la viabilidad técnica y económica de cambiar el sistema de enfriamiento actual de la sala de máquinas de la CHFM, que logre mejorar la eficiencia energética y las condiciones operativas en los ambientes de la planta hidroeléctrica.	Realizar mediciones para cuantificar el consumo energético del sistema de aire acondicionado actual.	Según el estudio realizado en la caverna de la CHFM, se determinó que el consumo de aire acondicionado en KWh es de 261,467.70 mensual, equivalente a L. 1,228,898.19.	Mediante el estudio realizado en campo en base al consumo energético se recomienda reemplazar el sistema de aire acondicionado actual por otro que sea eficiente en cuanto a consumo energético, operación, mantenimiento y amigable con el medio ambiente.	"Plan de reemplazo, sistema de aire acondicionado, en caverna de la central hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán"
		Estimar la carga térmica que se genera dentro de la planta hidroeléctrica.	Mediante el estudio y análisis realizado a los diferentes recintos de caverna, se determinó las cargas térmicas a disipar por los equipos de enfriamiento, equivalente a 8,885,427 BTU/H, que corresponde a 724 TON de refrigeración.	Se recomienda realizar un estudio de carga térmica a detalle, analizando cada uno de los equipos ubicados en los diferentes recintos que comprende sala de máquinas para obtener un mejor resultado en el desempeño del sistema de enfriamiento y distribución de las toneladas de refrigeración.	
		Determinar las posibles mejoras en el sistema de enfriamiento que permita mejorar la eficiencia energética de la central hidroeléctrica Francisco Morazán.	Por medio del estudio técnico y las mediciones en campo se lograron definir opciones de mejora tales como, máquinas de enfriamiento (chillers) en los cuales se identificó mayor consumo de energía.	Se sugiere realizar la sustitución los chillers dos y tres, ya que de acuerdo a las mediciones de los diferentes tableros son los que consumen la mayor cantidad de energía del sistema. El consumo generado por todo el sistema de enfriamiento oscila en 8,715.59 KWh diarios, con el cambio de los dos chillers de mayor consumo se proyecta un nuevo consumo de 7,207.81 KWh diarios. Con el reemplazo del nuevo sistema estos consumos disminuirán un 17.3 % apropiadamente que representa un ahorro de L. 1,926,883.20 anual.	
		Evaluar la viabilidad económica y financiera del cambio del sistema de enfriamiento actual por un nuevo sistema de enfriamiento.	Se determinó mediante el análisis económico concluyendo que el IBC es de 1.02, es decir mayor a uno, por lo que el proyecto financieramente es rentable.	Se determinó que la adquisición y reemplazo del sistema de aire acondicionado es financieramente rentable, de acuerdo al resultado del cociente del IBC siendo este mayor a uno (1.16).	

Fuente: Elaboración propia.

REFEENCIAS BILIOGRÁFICAS

- Almiñana, D. G. (2013). *Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado*. Barcelona: UOC.
- Alvarado, G. (2017). *Viabilidad de Poyectos Industriales*.
- Arpi, J. R., & Mulluni Chacolli, Y. (2019). *Auditoría e implementación del estudio y análisis de eficiencia energética orientada en el ISO 50001 en la empresa técnica y desarrollo (CIGA) - Juliaca*. Puno: Repositorio Institucional UNA-PUNO.
- ASHRAE. (2017). *Condiciones de diseño climático*.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Banco mundial. (2017). Banco Mundial. *Eficiencia energética*, 5.
- Banco Mundial. (2017). Eficiencia energética, costo capital. *Ventana de información, Eficiencia Energética*, 12.
- Barahona, M. A. (2019). Eficiencia e intensidad energética en Honduras,. *Ediciones Univrslidad valladolid*, 109.
- Bárcena, A. (2016). Comisión enconómica para América latina y el caribe. *CEPAL*, 10.
- Becerril, F. R. (1997). *Ciencia metodológica e investigación*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- Bernal, J. A., & Gutiérrez Torrez, C. d. (2015). *José Alfredo Jiménez Bernal - Claudia del Carmen Gutiérrez Torres*. México: Grupo Patria.
- BID. (2017). Banco Interamericano de Desarrollo. *Conumo de energía en América Central*, 12.

- Borroto, A., Lapidó Rodríguez, M., Monteguado Yanes, J., Armas Teyra, M., Montesinos Pérez, M., Delgado Castillo, J., . . . González Pérez, F. (julio de 2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, 65-69.
- Brihuega, D. A. (2014). *Electricidad básica*. RA-MA.
- BSRIA. (2018). Estudio de Aire Acondicionado en Planta Central. *Eficiencia energética en aire Acondicionado*, 15.
- Castillo, C. C., & Olivares Orozco, S. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: Patria.
- Castrillón Mendoza, R. d., & González Hinstroza, A. J. (2018). *Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001*. Cali, Valle del Cauca, Colombia: Programa editorial.
- CEPAL. (2013). Foro de los Países de América Latina y El Caribe. *Eficiencia energética en América Latina y El Caribe*, 15.
- CEPAL. (2018). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *CEPAL*, 12.
- Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica. (2015). *Sistemas de refrigeración tutorial para el trabajo en campo*. Tegucigalpa, Honduras: GIZ.
- ECCJ. (2017). Coalición Europea por la Justicia Corporativa. *Una Verificación de la Realidad*, 8.
- ECCJ. (2017). *Tecnología de Eficiencia Energética de Japón*. Tokio: División de Cooperación Internacional.

Empresa Nacional de Energía Eléctrica . (2021). *Especificaciones técnicas máquinas de refrigeración (chillers)*. Tegucigalpa, Honduras.

Energía, S. d. (2020). *Sub-sector Eléctrico*. Tegucigalpa, Honduras.

FGV energía. (2018). *Un Análisis Comparativo de la Transición Energética en América Latina y Europa*. Málaga: Korand Adenauers Stiftung.

Figueroa, Miguel. (2010). *Física*. Firma Press.

González, M. A., Elías, A. F., & Meré, O. J. (2014). *Ingeniería de Proyectos*. Madrid España: Dextra Editorial.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.

IEA. (2021). *Integración de la Política Energética en aire acondicionado mundial*. Washington: Política Internacional Energética .

Instituto de Energía y Economía de Japón. (2020). Consumo de energía mundial. *Simposio internacional conjunto de energías*, 5.

ISO 50002. (2014). ISO 50002. *Organización de Estandarización Internacional*.

ISO-50001. (2011). Sistemas de gestión de la energía requisitos con orientación. *NORMA INTERNACIONAL Traducción oficial*, 28.

ITEEAC. (2017). Informe técnico estándar mínimo de eficiencia energética Equipos de Aire Acondicionado. *Informe técnico estándar mínimo de eficiencia energética Equipos de Aire Acondicionado*, 22.

Ketelhöhn, W., Marín, J. N., & L. Montiel, E. (2004). *Inversiones Análisis de inversiones estratégicas*. Bogotá: Editorial Norma.

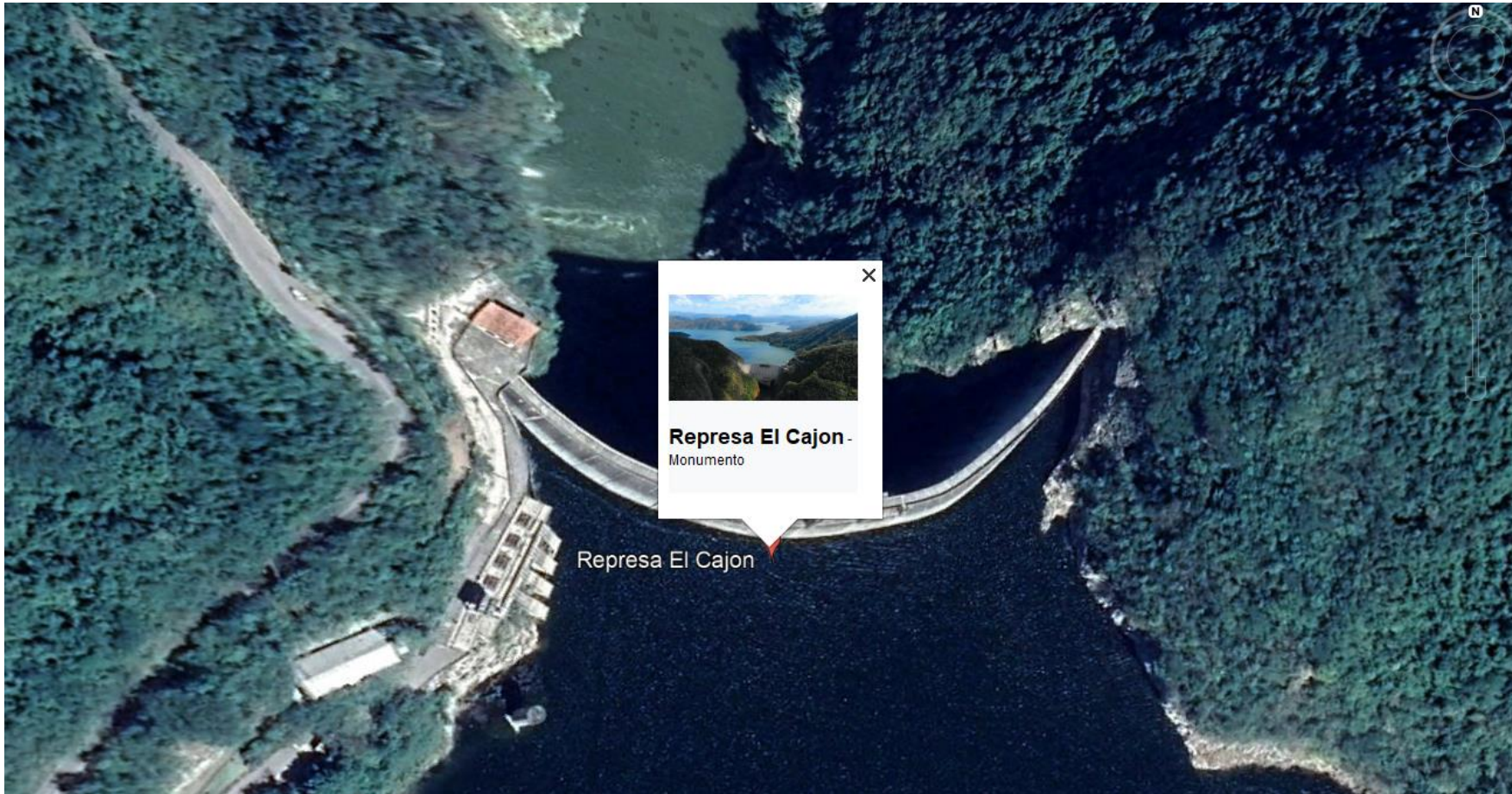
- Khazaii, J. (2014). *Energía Eficiente diseño de HVAC*. Springer.
- Krugman, P., & Wells, R. (2006). *Introducción a la Economía. Microeconomía*. Barcelona, España: Reverte.
- Lijó, F. (2013). *Manual de refrigeración Barcelona*. Reverté.
- López, J., Arias, J., & Quintero, E. (2016). Medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica para uso residencial. *Prospect*, 61-72.
- Manresa, R. V. (2003). *Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración*. ECU.
- Manuel García. (2020). Manual de la eficiencia energética para el programa de energías renovables y eficiencia energética en centroamérica. *Diseño, Implementación y Evaluación Económica*, 70.
- METI. (2017). *Tecnologías de Eficiencia Energética de Japón*. Tokio: División de Corporación Internacional.
- Meza Sánchez, S., Zárate, J. J., & Contreras Espinoza, R. (2010). *Gestión y estadística de la calidad*. El Èxodo.
- Montoya Guzmán, J. O. (2007). *El circuito básico*. El Cid Editor.
- Moreno, I. E. (2009). *Termómetros en la instrumentación y control Industrial*. Santa Fé, Argentina: El Cid.
- MTEE. (2019). Minsiterio para la transición Ecológica. *Ambiente y Sociedad*, 12.
- Ocaña Ortiz Alexander . (2015). *Enfoques y métodos de investigación en las ciencias sociales y humanas*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- OHN-45. (2011). *Eficiencia energética de acondicionadores tipo ventana, tipo dividido y tipo paquete, metodos de ensayo*. Tegucigalpa, Honduras.

- OHN-46. (2011). *Eficiencia energética de acondicionadores tipo ventana, tipo dividido y tipo paquete*. Tegucigalpa, Honduras.
- OHN-47. (2011). *Eficiencia energética de acondicionadores tipo ventana, tipo dividido y tipo paquete, manejo de ensayo*. Tegucigalpa, Honduras.
- Orduño, R. F. (2007). *Pronóstico de carga ingeniería electromecánica*. Buenos aires, Argentina: El Cid.
- Osorio, M. C. (2013). *Manual de auditorías energéticas en comunidades de regante*. ECU.
- Parlamento Europeo. (2019). Principales Actividades Económicas. *Parlamento Europeo*.
- Pizá, P. E. (2009). *Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía*. Marcombo.
- (2014). *PM 34-2014*. Tegucigalpa, Honduras.
- Programa Nacional en Sistemas de Gestión. (2014). *SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA SGIE*. Bogota D.C.
- Ramírez, A. J. (2016). *Eficiencia energética de climatizaciones en los edificios*. IC.
- Real Academia Europea. (2010). *Diccionario de la lengua Española*. Madrid, España.
- Rendón, O. H. (2001). *La Matriz de Congruencia: Una herramienta para realizar investigaciones sociales*. México: Vasco de Quiroa USMNH.
- Ríos Bao Carmela. (2017). *Desarrollo de una herramienta de cálculo del rendimiento estacional de bombas de calor según la norma UNE-EN 14825*. Barcelona: ETSEIB.
- Rogelio Acosta Gonzalez. (2007). *Funciones reales de una variable real*. Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Rojano Ramos, S. (2012). *Instrumentación y control en instalaciones de procesos, energía y servicios auxiliares*. Málaga, España: IC Editorial.

- Romero Romero, A. K. (2019). *Ingeniería comercial mención en administración de empresas*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Sanchez Gonzalo, J. L. (2010). *Conceptos de ahorro y eficiencia energética: Evolución y Oportunidades*. Obtenido de https://revista-anales.icaei.es/web/n_4/pdf/seccion_9.pdf
- Sánchez, J. M., Cubillos Sagüés, M. L., & Gordaliza Lozoya, D. (2020). *Gestión de la eficiencia energética en el sector industrial*. AENOR.
- Secretaría de Energía de Honduras. (2017). *Ediciencia e intensidad energética en Honduras, Subsector eléctrico, antecedentes y Situación Actual*. Tegucigalpa, Honduras C.A.
- SEN. (2020). *Secretaría de Energía Nacioanl de Honduras*. Tegucigalpa M.D.C.
- SENATI. (2007). Servicio Nacional de Adistraamiento en Trabajo Industrial.
- Tecener SA de CV. (2018). *Sistema de Aire Acondicionado*. México, D.F.: GIZ México.
- Travis Fisher. (2019). *Consumo Energético en U.S.A*. Washington: AK PRESS.
- Unión Europea. (2020). Estimación energética en Europa. *Estimación de la Eficiencia Energética*, 18.
- Unión Europea. (2020). Unión Europea. *Eficiencia energética en Edificaciones*.
- Vallejo, E. (2013). *Estudio de proyectos*. EUC.
- Velazco, J. G. (2015). *Energías renovables*. Barcelona, España: Reverté.
- Yasar Demirel. (2020). *Energía*. Lincoln, Nebraska, USA: Springer.
- Zorto, J. G. (2020). Sistema de gestión de energía. *Sistema de gestión de energía en Honduras*.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de represa hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán.



Fuente: Google Earth.

Anexo 2. Carta de autorización de la empresa (CHFM).

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

San Pedro Sula Cortes 27/4/2021
(Ciudad), (Departamento) (Día, mes y año)

Ing. Elvis Edgardo García
(Nombre y apellidos del director o Gerente)

Jefatura de Unidad C.H.F.M
(Puesto Laboral)

ENEE/C.H.G.F.M
(Empresa o Institución)


El Cajón Santa Cruz de Yojoa Cortes
(Dirección principal de la empresa o institución)

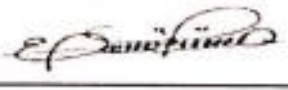
Estimado Señor(a): Ing. García

Reciba un cordial y atento saludo. Por medio de la presente deseamos solicitar su apoyo, dado que somos alumnos de UNITEC y nos encontramos desarrollando el Trabajo de Tesis previo a obtener nuestro título de maestría en Gestión de Energías Renovables. Hemos seleccionado como tema: Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de AC en Caverna, por lo que estaríamos muy agradecidos de contar con el apoyo de la empresa que usted representa para poder desarrollar nuestra investigación. En particular, dicha solicitud se circunscribe a peticionar que se nos autorice a realizar: Investigaciones dentro de la empresa, mediciones, acceso a la información correspondiente al tema de investigación. (encuestas, sondeos, etc).

A la espera de su aprobación, me suscribo de Usted.


Atentamente,


Yeni Patricia Guevara Yanes
Firma, nombre y apellidos
No. de cuenta: 21843043


Elder Noe Benitez Osorio
Firma, nombre y apellidos
No. de cuenta: 21843106

Por este medio, LA CENTRAL HIDROELECTRICA FRANCISCO MORAZAN.
(empresa / institución),
Autoriza la realización dentro de sus instalaciones el proyecto de investigación de Tesis de Postgrado antes mencionado.

ELVIS EDGARDO GARCIA.
(Nombre y sello del Director / Gerente)



Fuente: Unitec, Campus S.P.S.

Anexo 3. Carta de compromiso para asesoría temática.

CARTA DE COMPROMISO PARA ASESORÍA TEMÁTICA

Señores Facultad de Postgrado UNITEC.

Por este medio yo José Gabriel Zorto Aguilera

Identidad No 0801-1986-06567

Licenciado en Ingeniero Electricista Industrial

Maestría en Master En Gestión Y evaluación de Proyectos

Hago constar que asumo la responsabilidad de asesorar técnicamente el trabajo de Tesis de Maestría denominado:

“Prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en caverna de la central hidroeléctrica francisco Morazán (El Cajón)”

A ser desarrollado por el (los) estudiante(s):

- 1) Yeni Patricia Guevara Yanes.
- 2) Elder Noe Benitez Osorio.

Para lo cual me comprometo a realizar de manera oportuna las revisiones y facilitar las observaciones que considere pertinentes a fin de que se logre finalizar el trabajo de tesis en el plazo establecido por la Facultad de Postgrado.

Por tanto, firmo en la ciudad de Tegucigalpa MDC, en el departamento de Francisco Morazán en fecha 26 de abril 2021.


José Gabriel Zorto Aguilera.

Fuente: Unitec, Campus S.P.S.

Anexo 4. Equipo de refrigeración de sala de máquinas, proceso de licitación año 2021.

Análisis de ofertas de licitación pública "suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica gral. Francisco morazán".							
Ítem	Descripción del proyecto	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
					Unitario	Total	
1	Unidad de aire acondicionado tipo paquete (Gobernadores de UPNX, Válvulas Esféricas y Taller Industrial)						
1.1	Suministro y Montaje de Unidades de Aire Acondicionado Tipo Paquete, Capacidad: 10 Toneladas	5	C/U	L	40,113.73	200,568.65	1,685,434.40
				M	296,973.15	1,484,865.75	
1.2	Suministro de Repuestos: Válvulas de expansión termostáticas (5 TR ,410a) de respaldo compatibles con la unidad descrita antes. Cantidad: 5 unidades Filtro secador de refrigerante para R-410, para 5 TR, con conexiones compatibles con las unidades descritas anteriormente. Cantidad: 5 unidades Serpentin evaporador completo de respaldo, con las protecciones contra corrosión y humedad descritas, deberá de ser compatible con la unidad descrita antes. Cantidad: 1 unidad Condensador completo de respaldo, con las protecciones y características compatibles con la unidad descrita antes. Cantidad:1 Ventilador de respaldo compatible con el evaporador de la unidad descrita antes Cantidad: 2 Compresores recíprocos para R-410a, de 5 TR , 480V 3P 60 Hz, compatibles con la unidad descrita antes. Cantidad 2.	1	Lote	M	228,369.01	228,369.01	228,369.01
	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
2	Unidad de aire acondicionado tipo paquete (Para ser instalada en Almacén)				Unitario	Total	
2.1	Suministro y Montaje de Unidad de Aire Acondicionado Capacidad: 5Toneladas de Refrigeración. Unidad única y exclusivamente para Enfriamiento de Aire. (sin calefacción) N° de Circuitos: 1 (5 Toneladas de Refrigeración)	1	C/U	L	21,667.95	21,667.95	279,286.56
				M	257,618.61	257,618.61	
2.2	Suministro de Repuestos: Válvulas de expansión termostáticas de respaldo compatibles con la unidad. Cantidad: 1 unidades Filtro secador de refrigerante para R- 410, 10TR con conexiones compatibles con las unidades descritas anteriormente. Cantidad: 1 unidad Serpentin evaporador completo de respaldo, con las protecciones contra corrosión y humedad descritas, deberá de ser compatible con la unidad descrita antes. Cantidad: 1 unidad Condensador completo de respaldo, con las protecciones y características compatibles con la unidad descrita antes. Cantidad: 1 Unidad. Ventilador de respaldo compatible con el evaporador de la unidad descrita antes Cantidad: 1 Unidad	1	Lote	M	84,905.55	84,905.55	84,905.55
3	Manejadora de aire para recinto de cuartos de excitación de unidades principales				Unitario	Total	
3.1	Suministro y Montaje de Unidad de Manejadora de Aire, Descarga de aire Vertical, para ser acoplada a ducto de distribución, Admisión de aire horizontal, Capacidad de enfriamiento 169.3 MBH (169,300 BTUH, 49.8 Kw, 14.6 TR) (Acoplamiento y posibles modificaciones serán ejecutadas por el proveedor)	4	C/U	L	57,610.51	230,442.04	1,306,342.16
				M	268,975.03	1,075,900.12	

Continuación de anexo 4.

Análisis de ofertas de licitación pública "suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica gral. Francisco morazán".							
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por ítem L.
3	Manejadora de aire para recinto de cuartos de excitación de unidades principales				Unitario	Total	
3.2	Suministro de Repuestos: Serpentín de respaldo compatible con la manejadora descrita anteriormente, con todas las protecciones contra corrosión y humedad. Cantidad: 1, Ventilador de Respaldo compatible con la manejadora descrita antes, cantidad: 2	1	Lote	M	65,245.67	65,245.67	65,245.67
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
4	Manejadora de aire para recinto de cuarto de OCD – 25				Unitario	Total	
4.1	Suministro y Montaje de Unidad de Manejadora de Aire, Descarga de aire Vertical, para ser acoplada a ducto de distribución, Admisión de aire horizontal, Capacidad de enfriamiento 115 MBH (115,000 BTUH, 35 Kw, 9.58 TR)	1	C/U	L	30,190.71	30,190.71	227,980.27
				M	197,789.56	197,789.56	
4.2	Suministro de Repuestos: Serpentín de respaldo compatible con la manejadora descrita anteriormente, con todas las protecciones contra corrosión y humedad. Cantidad: 1, Ventilador de Respaldo compatible con la manejadora descrita antes, cantidad: 1	1	Lote	M	109,958.47	109,958.47	109,958.47
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
5	Manejadora de aire para recinto de válvulas esféricas				Unitario	Total	
5.1	Suministro y Montaje de Unidad de Manejadora de Aire para ser montada de manera área, anclada al techo, Descarga de aire Horizontal o Vertical para ser acoplada a ducto instalado sobre manejadora misma. La oferta deberá de incluir la fabricación y montaje de ducto, Admisión de aire horizontal/lateral, Capacidad de enfriamiento 115 MBH (87,600 BTUH, 25.6 Kw, 7.3 TR)	3	C/U	L	30,190.71	90,572.13	651,673.41
				M	187,033.76	561,101.28	
5.2	Suministro de Repuestos: Serpentín de respaldo compatible con la manejadora descrita anteriormente, con todas las protecciones contra corrosión y humedad, cantidad: 1, Ventilador de Respaldo compatible con la manejadora descrita antes., cantidad: 2	1	Lote	M	149,039.35	149,039.35	149,039.35
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
6	Maquina de Refrigeración de Condensador enfriado por agua (CHILLER)				Unitario	Total	
6.1	Suministro y Montaje de Maquina de Refrigeracion (Chiller), Numero de Circuitos de Refrigeración: 2 Independientes, Capacidad: 120 Toneladas de Refrigeración (2 compresores de 60 Toneladas cada uno). Esta capacidad no deberá de ser mayor, ya que existe un balance en las Toneladas de Refrigeración requeridas con las otras dos Unidades (Chillers) ya que son un total de tres Máquinas de Refrigeración (Chillers), Numero de Compresores: Dos, Tipo de Refrigerante: 134 A (Amigable con el ambiente)	1	C/U	L	297,798.95	297,798.95	3,896,435.02
				M	3,598,636.07	3,598,636.07	

Continuación de anexo 4.

Análisis de ofertas de licitación pública "suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica gral. Francisco morazán".							
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por ítem L.
6	Maquina de Refrigeración de Condensador enfriado por agua (CHILLER)				Unitario	Total	
6.1	Alcances del Suministro: El CHILLER a suministrar debe de poderse acoplar a nuestras instalaciones ya existentes (espacio y Tuberías de entrada y salida de agua) por lo que, las empresas oferentes deben de verificar en el sitio que el equipo ofertado pueda ser instalado de manera correcta en el recinto, El Suministro debe de incluir la instalación o montaje del CHILLER (Suministro Llave en mano) junto con un protocolo de entrega – aceptación, El Suministro debe de incluir la capacitación en la Operación y Mantenimiento del CHILLER para el personal Electromecánico de nuestra Central.						
6.2	Suministro debe de incluir un set de repuestos básico: Filtro para Aceite con su respectivos empaques o sellos (1 Juego para cada compresor), Filtro para Refrigerante con su respectivos empaques o sellos (1 Juego para cada compresor), El suministro debe incluir Válvulas de Expansión electrónica (2 unidades), Sensores de temperatura: 3 unidades, Sensores de presión: 3 unidades, Una pantalla LCD de respaldo, Una placa electrónica adicional de cada una de las instaladas, Cilindro de refrigerante original para recargas (50 lbs.), El volumen necesario de aceite para realizar un cambio.	1	Lote	M	230,869.10	230,869.10	230,869.10
Ítem	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
7	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE (ROFTOP)				Unitario	Total	
7.1	Suministro y Montaje de Unidad de Aire Acondicionado Tipo Paquete (ROFTOP) enfriada por Aire, Capacidad:	1	C/U	L	45,736.20	45,736.20	635,356.48
				M	589,620.28	589,620.28	
7.2	Suministro de repuestos: Se deberá e suministrar al menos 2 válvulas de expansión de respaldo, Se solicita un serpentín evaporador de respaldo.	1		Lote	95,460.71	95,460.71	95,460.71
Ítem	Descripción del equipo	Cantidad	Unidad	Rubro	Precio por rubro L.		Precio por Total por
8	Manejadoras de aire para recintos de: estación remota (rtu) cuarto de 13.8 kv y transformador de reserva				Unitario	Total	
8.1	Suministro y Montaje de Unidad de Manejadora de Aire Descarga de Aire: Horizontal, con su respectiva rejillas direccional, Admisión de Aire: Vertical, con su respectiva rejilla y filtros, Capacidad de Enfriamiento: 31.8 MBTU (31,800 BTUH = 9.35 KW, 2.6 TR)	3	C/U	L	9,650.96	28,952.88	186,139.92
				M	52,395.68	157,187.04	
Costo adquisición de equipo					L7,922,718.71		
Costo lote de repuestos					L963,847.86		
Costo intalación y puesta en marcha					L945,929.51		
Costo total del proyecto					L9,832,496.08		

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por ENEE.

Anexo 5. Levantamiento de mediciones en campo, tablero eléctrico de chillers.



Fuente: Instalaciones de CHFM.

Anexo 6. Analizador de redes instalado en tablero de chillers



Fuente: Instalaciones de CHFM.

Anexo 7. Continuación tabla depreciación.

Proyecto: prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM												
Plan de depreciaciones y amortizaciones												
Descripción	Cantidad	Costo Unitario de Adquisición	Total	Vida Útil (años)	Valor de Rescate 1%	Años						
						Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Depreciaciones de repuestos												
Lote de Repuestos (stock de seguridad)	1	230,869.10	230,869.10	5	2,308.69	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	-
Subtotal Depreciaciones de Producción			230,869.10		2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	2,878.91	-
Depreciación Mobiliario y Equipo												
Adquisición de sistema aire acondicionado (dos chillers)	2	3,598,636.07	7,197,272.14	25	71,972.72	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
Subtotal Dep. Mobiliario y Equipo			7,792,870.04		71,972.72	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
TOTAL DEPRECIACIONES						287,890.89	287,890.89	287,890.89	287,890.89	287,890.89	287,890.89	285,011.98

Proyecto: prefactibilidad de eficiencia energética en sistema de aire acondicionado en CHFM												
Plan de depreciaciones y amortizaciones												
Años												
Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98
285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98	285,011.98

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Continuación flujo de caja.

Descripción	Período en años							
	11	12	13	14	15	16	17	18
Ingresos	L 2,062,009	L 2,063,679	L 2,065,350	L 2,067,021	L 2,068,692	L 2,070,363	L 2,072,034	L 2,072,034
Ahorro	L 1,951,116.79	L 1,970,627.95	L 1,990,334.23	L 2,010,237.58	L 2,030,339.95	L 2,237,065.47	L 2,259,436.13	L 2,282,030.49
KWh	497,555	497,555	497,555	497,555	497,555	542,787	542,787	542,787
Precio Acumulado Anual	L 3.92	L 3.96	L 4.00	L 4.04	L 4.08	L 4.12	L 4.16	L 4.20
Ahorro en mantenimiento	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00
Gastos	L 434,065.71	L 434,066.71	L 434,067.71	L 434,068.71	L 434,069.71	L 434,070.71	L 434,071.71	L 434,072.71
(-) Gasto de depreciación	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
Gastos de mantenimiento	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00
Utilidad neta de operación	L 1,627,942.81	L 1,629,612.76	L 1,631,282.70	L 1,632,952.65	L 1,634,622.59	L 1,636,292.54	L 1,637,962.48	L 1,637,961.48
(+) Gasto de depreciación	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
Inversión Inicial	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -
Flujo neto de efectivo	L 1,962,008	L 1,963,677	L 1,965,347	L 1,967,017	L 1,968,687	L 1,970,357	L 1,972,027	L 1,972,026
Flujo acumulado	L 13,227,215.87	L 15,190,893.33	L 17,156,240.74	L 19,123,258.09	L 21,091,945.39	L 23,062,302.64	L 25,034,329.83	L 27,006,356.02
Flujo descontado	L317,686.37	L269,454.89	L228,545.79	L193,847.45	L164,416.97	L139,454.60	L118,282.03	L100,238.96
Periodo de recuperación en años	8.416021324							

Período en años						
19	20	21	22	23	24	25
L 2,073,722	L 2,075,410	L 2,077,097	L 2,078,785	L 2,080,472	L 2,082,160	L 2,083,848
L 2,304,850.79	L 2,327,899.30	L 2,351,178.30	L 2,374,690.08	L 2,398,436.98	L 2,422,421.35	L 2,446,645.56
542,787	542,787	542,787	542,787	542,787	542,787	542,787
L 4.25	L 4.29	L 4.33	L 4.37	L 4.42	L 4.46	L 4.51
L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00	L 46,848.00
L 434,073.71	L 434,074.71	L 434,075.71	L 434,076.71	L 434,077.71	L 434,078.71	L 434,079.71
L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00	L 100,000.00
L 1,639,648.14	L 1,641,334.79	L 1,643,021.45	L 1,644,708.10	L 1,646,394.76	L 1,648,081.42	L 1,649,768.07
L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71	L 334,064.71
L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -
L 1,973,713	L 1,975,400	L 1,977,086	L 1,978,773	L 1,980,459	L 1,982,146	L 1,983,833
L 28,980,068.86	L 30,955,468.36	L 32,932,554.52	L 34,911,327.33	L 36,891,786.79	L 38,873,932.91	L 40,857,765.69
L85,020.93	L72,113.20	L61,165.06	L51,879.02	L44,002.75	L37,322.22	L31,655.92
8.416021324						

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Estructura desglosada del trabajo (EDT)

Suministro, montaje y puesta en operación de unidades de aire acondicionado para la central hidroeléctrica Francisco Morazán					
Estructura de la EDT		Responsable	Duración (días)	Predecesora	Total duración proyecto
1	Montaje y puesta en operación sistema aire acondicionado				Días
1.1	Presentación de la propuesta	Maestranes	2	1	
1.1.1	Análisis y aprobación de la propuesta	ENEE	2	1.1	
1.2	Proceso de licitación	ENEE/Oferentes	180	1.1.1	
1.3	Desmontaje equipo actual	Contratista	7	1.2	
1.3.1	Desmontaje de bombas		3	1.2	
1.3.2	Desmontaje intercambiador de calor		2	1.2	
1.3.3	Desmontaje de tuberías asociadas		2	1.2	
1.4	Suministro e instalación equipo nuevo	Contratista	7	1.3	
1.4.1	Instalación de bombas		3	1.3	
1.4.2	Instalación de intercambiadores de calor		2	1.3	
1.4.3	Instalación de tuberías asociadas		2	1.3	
1.5	Adecuación de las instalaciones existentes	Contratista	7	1.4	
1.5.1	Readecuación y sellado de tuberías de entrada y salida de agua		4	1.4	
1.5.2	Readecuación de tuberías, cableados de alimentadores electricos		3	1.4	
1.6	Protocolo de pruebas (protocolo de comisionamiento y puesta en marcha)	Contratista	16	1.5	
1.6.1	Precomisionamiento		7	1.5	
1.6.1.1	Alineación de equipos		2	1.5	
1.6.1.2	Secuencias lógicas		1	1.5	
1.6.1.3	Calibración, energización, funcionamiento del motor sin carga		2	1.5	
1.6.1.4	Verificar y documentar el estado de las instalaciones de tuberías		2	1.5	
1.6.2	Comisionamiento y puesta en marcha	Contratista	9	1.6.1	
1.6.2.1	Revisiones presurizadas o energizadas		2	1.6.1	
1.6.2.2	Simulación dinámicas, introducción de agua		2	1.6.1	
1.6.2.3	Pruebas de apagado/reinicio y desempeño		2	1.6.1	
1.6.2.4	Documentar por completo el estado de las instalaciones de la tubería para el traspaso al área de operaciones.		1	1.6.1	
1.6.2.5	Ajustes finales de los sistemas		2	1.6.1	
1.7	Capacitación del sistema a personal técnico ENEE	Contratista	5	1.6	
1.7.1	Entrega de manuales de operación y mantenimiento		5	1.6	
1.8	Entrega de reportes de pruebas y certificados	Contratista	13	1.6.2.5	
1.8.1	Acta de cierre del proyecto	ENEE/Contratista	2	1.8	
1.8.2	Acta de certificación de obra	Contratista	2	1.8	
1.8.3	Liquidación del contrato	Contratista	7	1.8	
1.8.4	Resguardo de la documentación del proyecto en bases de datos	Contratista	2	1.8	237

Fuente: Plantilla desarrollada por el curso PM4R máster profesional en gestión de proyectos de desarrollo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).