



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**“PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA  
EMPRESA PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN  
ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P. TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA  
CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA”**

---

Trabajo de titulación bajo la modalidad Propuesta Metodológica, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor:**

Alvarado Venegas Guillermo Alejandro

**Tutor:**

Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2019

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo **Alvarado Venegas Guillermo Alejandro**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre **“PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P. TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA**, como requisito para optar al grado de **INGENIERO INDUSTRIAL** y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 6 días del mes de septiembre de 2019, firmo conforme:

Autor: Alvarado Venegas Guillermo Alejandro

Firma: .....

Número de Cédula: 0921974713

Dirección: El Oro, Machala

Correo Electrónico: [guillermoa.129@gmail.com](mailto:guillermoa.129@gmail.com)

Teléfono: 0987236766

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P. TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA”, presentado por Alvarado Venegas Guillermo Alejandro, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 6 de septiembre de 2019

.....  
Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo, Mg.  
TUTOR

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título Ingeniero Industrial son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 6 de septiembre de 2019

.....

Alvarado Venegas Guillermo Alejandro

C.I.: 0921974713

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P. TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 6 de septiembre de 2019

.....

Ing. Saá Tapia Fernando David, M. Sc.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing. Cruz Villacís Juan Serafín, M. Sc.  
VOCAL

.....

Ing. Cumbajín Alferez Myriam Emperatriz, M. Sc.  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A mis hijos, Ashley y Evans, por estar siempre apoyándome y entender todo el tiempo que no he podido compartir junto a ellos para poder cumplir mis metas.

A mis Abuelos, Alix, Guillermo y Nora, que han sido todos estos años un pilar fundamental de apoyo.

A mis padres, Laura y Guillermo, por brindarme la educación desde la niñez y la fuente inagotable de estímulos para alcanzar todos mis logros.

Guillermo Alejandro

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a las Autoridades de la Unidad de Negocio Termogas Machala, CELEC EP, quienes de manera desinteresada me han ayudado en el transcurso de mi carrera, brindándome parte de su valioso tiempo, se me ha proporcionado información y la guía necesaria para la realización de esta tesis.

A los Ingenieros del departamento de Mantenimiento, por su apoyo e información proporcionada.

A mis hijos y padres que siempre me apoyaron incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria.

Gracias

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Antecedentes:.....	3
Justificación: .....	6
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos .....	7

### CAPÍTULO II

#### INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	8
Área de estudio: .....	29
Modelo operativo:.....	30
Desarrollo del modelo operativo .....	31

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Presentación de la propuesta:.....	33
Diagnóstico del Problema:.....	35
Línea Base: .....	37
Identificación y caracterización de la población objeto: .....	37
Resultados esperados: .....	38
Matriz de Resultados .....	40
Matriz de Marco Lógico .....	41
Viabilidad Técnica de la Legalidad del Proyecto: .....	42
Ingeniería del Proyecto: .....	48
Póliza de seguros de la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC EP:.....	56
Propuesta de Organigrama para el CIMTT .....	57
Salarios y Componentes para el CIMTT .....	58
Equipos de Oficina. ....	58
Costo y Administración .....	61

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones:.....	62
Recomendaciones: .....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	64
ANEXOS .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Costos de Mantenimiento LM2500 año 2014 .....	13
<b>Tabla 2.</b> Costos de Mantenimiento LM2500 año 2015 .....	14
<b>Tabla 3.</b> Costos de Mantenimiento LM2500 año 2016 .....	14
<b>Tabla 4.</b> Costos de Mantenimiento LM2500 año 2017 .....	15
<b>Tabla 5.</b> Costos de Mantenimientos LM2500 desde el año 2014 hasta 2017.....	16
<b>Tabla 6.</b> Costos trimestrales de Mantenimientos 6FA.....	17
<b>Tabla 7.</b> Pagos Anuales .....	17
<b>Tabla 8.</b> Mantenimientos Forzados Unidades 6FAs.....	18
<b>Tabla 9.</b> Mantenimientos Planificados Unidades 6FAs.....	25
<b>Tabla 10.</b> Matriz de resultados .....	40
<b>Tabla 11.</b> Matriz de Marco Lógico .....	41
<b>Tabla 12.</b> Herramientas y Equipos para los mantenimientos .....	42
<b>Tabla 13.</b> Cursos de Capacitación .....	49
<b>Tabla 14.</b> Salarios y componentes para el CIMTT .....	58
<b>Tabla 15.</b> Proyección De Sueldos.....	58
<b>Tabla 16.</b> Costos estimados de equipos de oficina .....	59
<b>Tabla 17.</b> Cronograma de actividades enero a junio 2019.....	60
<b>Tabla 18.</b> Costo de la propuesta.....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Flujograma de Producción.....	10
<b>Gráfico 2.</b> Modelo MS6001FA.....	11
<b>Gráfico 3.</b> Costos de Mantenimientos anuales LM2500 .....	16
<b>Gráfico 4.</b> Costos de Mantenimientos Anuales .....	18
<b>Gráfico 5.</b> Modelo Operativo.....	30
<b>Gráfico 6.</b> Árbol de análisis de problemas.....	36
<b>Gráfico 7.</b> Capacidad de Generación 2018 .....	38
<b>Gráfico 8.</b> Producción Energética del Ecuador.....	38
<b>Gráfico 9.</b> Propuesta de Organigrama del CIMTT .....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Cotización de capacitaciones .....	66
<b>Anexo 2.</b> Cotización de la Balanceadora de Momento .....	70
<b>Anexo 3.</b> Cotización del Eddy Current .....	73
<b>Anexo 4.</b> Costo por mano de Obra .....	73
<b>Anexo 5.</b> Capacitaciones para el área de mantenimiento .....	74

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y**  
**LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** “PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA EMPRESA PUBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA”.

**AUTOR:** Guillermo Alejandro Alvarado Venegas

**TUTOR:** Mg. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de graduación es un proyecto de prefactibilidad para la creación de la empresa pública de investigación y mantenimiento de turbinas térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. Termogas Machala en la empresa CELEC EP Unidad de Negocios Termogas Machala, con la finalidad de contar con un estudio de factibilidad y el tiempo de recuperación de la inversión. La falta de capacitación para los técnicos de planta, gastos de mano de obra extranjera para los mantenimientos programados y no programados, se debe a que, actualmente se contrata especialistas de otras empresas que se encuentran debidamente capacitados. Las turbinas quedan indisponibles en la Unidad de Negocio por eventualidades no programadas, hasta que, los profesionales lleguen a la planta de generación eléctrica y pongan en servicio la Unidad de Generación, esto representa índices de confiabilidad bajos y pérdidas de producción. Las inventivas que se utilizarán en este proyecto, será la de la gestión de todos los componentes del proyecto desde recursos humanos hasta la combinación del equipo de trabajo; índices de factibilidad para desarrollar los estudios de riesgo en el cual se comprueba la sustentabilidad y sostenibilidad. Con este personal capacitado, la Unidad de Negocio obtendrá altos índices de confiabilidad y disponibilidad en el sector eléctrico, lo cual determina la oferta y la demanda del proyecto de prefactibilidad, confiando en el talento humano existente en el país y apoyar este tipo de proyectos que busca generar fuentes de trabajo y un ahorro a la empresa del estado, que con una inversión justificable logren tener en casa el conocimiento y la tecnología que hasta ahora se importa. Con el estudio técnico se determinó que la inversión para el desarrollo del Proyecto es de alrededor de los \$2'406.272,33 dólares.

**DESCRIPTORES:** análisis, confiabilidad, disponibilidad, factibilidad, sostenibilidad.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y**  
**LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME:** “PRE-FEASIBILITY PROJECT FOR THE CREATION OF MAINTENANCE AND INVESTIGATION PUBLIC COMPANY OF MS6001 AND LM2500 THERMAL TURBINES ATTACHED TO “TERMOGAS MACHALA” ECUADORIAN ELECTRICAL CORPORATION IN “CELEC” COMPANY AND “TERMOGAS MACHALA” BUSINESS UNIT.”

**AUTHOR:** Guillermo Alejandro Alvarado Venegas

**TUTOR:** Mg. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo

**ABSTRACT**

This dissertation is a pre-feasibility project for the creation of pre-feasibility project for the creation of maintenance and investigation public company of MS6001 and LM2500 thermal turbines attached to “Termogas Machala” Ecuadorian Electrical Corporation in “CELEC” company and “Termogas Machala” business unit in order to have a viability study and the time of the investment recovery period. The lack of training for the site technicians and the costs for foreign labor for scheduled and unscheduled maintenances. It is because of the Generation Plant hires specialist from other companies that are properly train. The turbines are unavailable for unscheduled eventualities in the Business Unit until the specialists arrives to the generation plant and put the turbines back on service. It means low reliability rates and production losses. The inventive ideas for this project will be the management for all the project components from the Human Resources until the good teamwork; feasibility indices to development the risk studies which proves the sustainability. With the trained personnel, the Business Unit will have high levels of reliability and availability in the electrical and economic sector, which will determine the supply and demand of the pre-feasibility project. Relying on the human talent in the country and supporting this type of projects that seeks to create employment sources and also have greater saving to the public company which with a justifiable investment can have all the knowledge in situ and technology that until now is being hired. The technical study determined that the investment for the development of the Project is around \$2,406,272.33.

**KEYWORDS:** analysis, availability, feasibility, reliability, sustainability

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **Tema:**

“Proyecto de Prefactibilidad para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. Termogas Machala en la Empresa CELEC EP Unidad de Negocios Termogas Machala”

### **Introducción:**

La falta de Centros de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 es un problema común que se observa en el sector eléctrico Latinoamericano y Ecuador es parte de esta situación.

Para mitigar este inconveniente dentro del Ecuador, se está proponiendo el “Proyecto de Prefactibilidad para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. Termogas Machala en la Empresa CELEC EP Unidad de Negocios Termogas Machala”, el cual permite contar con un grupo de personas capacitadas y certificadas para la realización de los diferentes trabajos que se presenten en las Turbinas Térmicas que operan en las Empresas Públicas.

El problema existe ya que el personal técnico de mantenimiento no cuenta con la capacitación y certificación apropiada para que ejecuten los mantenimientos programados y no programados que se dan en la Central Termogas Machala, lo cual genera que muchas veces se deje las unidades indisponibles hasta que personal certificado llegue a la central

y ponga en servicio a la turbina, lo cual representa atrasos en la entrega de energía limpia al Sector Eléctrico y por consiguiente genera pérdidas en la producción para la Corporación.

“La turbina de gas LM2500 es una aeroderivada del GE CF6-6 motor aerodinámico, y está presente en muchas plantas de cogeneración. Además de impulsar determinadas aeronaves, también forma parte del equipo de impulsión de algunos barcos, tanto civiles como militares” (Renovetec, 2018)

“La turbina LM2500 está formada por un generador de gas y una turbina de potencia. Forman parte del equipo una bomba de aceite, sistema de suministro de combustible, las secciones de aire de entrada y gases de escape, y el sistema de control. La potencia total es de 25MW, la velocidad de giro es de 6500 rpm y la eficiencia térmica es del 37% en condiciones ISO” (Renovetec, 2018)

“El generador de gas de la LM2500 consta de 16 etapas de compresión con una relación 18:1. Dispone de siete etapas de geometría variable, una cámara de combustión anular con inyectores de combustible montados desde el exterior, y 2 etapas de turbina de alta, refrigeradas por aire de alta presión que impulsa el compresor. La turbina de potencia está formada por 6 etapas de baja presión que se impulsa por el generador de gas de alto caudal de gases de escape” (Renovetec, 2018).

La empresa General Electric (GE), una de las más grandes empresas multinacionales, se encarga de la fabricación, comercialización, instalación y mantenimientos de sus turbinas de tipo aeroderivada y de servicio pesado, para los sectores de generación, transmisión, distribución de electricidad.

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP es una de las empresas públicas más importantes del país, ya que es la responsable de la generación y transmisión de energía eléctrica para el Ecuador. Por la importancia de su naturaleza es un engranaje fundamental dentro de la matriz productiva que se está implementando hoy en día.

El sector eléctrico es uno de los puntales para el crecimiento y desarrollo del Ecuador. Como se comprende el parque generador de energía en nuestro país se encuentra en diferentes zonas geográficas, identificadas como centrales hidroeléctricas y centrales

térmicas. Su funcionamiento está basado en Unidades de Negocio entre las cuales esta TERMOGAS MACHALA, la misma que se encamina con firmeza y empeño a convertirse en una Unidad líder en generación Termoeléctrica por su combustible que es el Gas Natural, aportando para la Revolución Energética en Ecuador; la Unidad ha ejecutado algunos planes de mantenimientos según el manual del fabricante, dentro de los cuales se tomara uno de ellos para el caso de estudio a presentar.

Los grandes retos que enfrenta el Sector Eléctrico Ecuatoriano para garantizar, de manera permanente, la Soberanía Eléctrica y para aportar significativamente al cambio de la Matriz Energética, y el rol ejecutor delegado a CELEC EP por parte del Gobierno Nacional para enfrentar esos desafíos, son los principales orientadores del Plan Estratégico de la Corporación.

En este sentido, la destreza de CELEC EP prioriza la construcción de las centrales hidroeléctricas, la construcción de sistemas de transmisión, especialmente el de 500kV, los estudios de nuevos proyectos de energías renovables no convencionales, así como la instalación de generación térmica eficiente que utiliza combustibles de producción nacional (gas natural y fuel oil).

Estos retos imponen la eficiencia de la Corporación mediante la optimización de la misión y la utilización de estándares, sistemas y tecnología, para lo cual se están desarrollando proyectos de esta naturaleza.

En los años 2010 - 2011, se elaboró un proyecto de Plan Estratégico de CELEC EP, el mismo que fue utilizando una metodología participativa, integradora y motivadora, lo que benefició para la aprobación de los resultados por parte de autoridades y de los funcionarios de la CELEC EP Matriz y de las Unidades de Negocio. Para consecuencia se contó con el apoyo de la Consultora NOVATECH Sistema de Mejoramiento Continuo Cía. Ltda., dada su experiencia en empresas tanto de producción como de servicios.

### **Antecedentes:**

En el Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas, se revisó el tema de (Murillo Logacho, y otros, 2015) de la carrera de Ingeniería Mecánica; los mismos que llegaron a las siguientes conclusiones:

“El análisis financiero con el VAN calculado se puede observar que es factible la implementación de la planta de cogeneración” (Murillo Logacho, y otros, 2015).

“El aumento en la eficiencia al aplicar el sistema de cogeneración indica la posibilidad real de aprovecharla energía térmica de los gases remanentes de la turbina General Electric modelo LM2500” (Murillo Logacho, y otros, 2015).

“Se observó que la alternativa técnica y económica más rentable. Es la utilización del ciclo Cheng” (Murillo Logacho, y otros, 2015).

“Al utilizar el ciclo Cheng se determinó la viabilidad de la planta de cogeneración, en función del impacto ambiental ya que se realizó el análisis en el sitio y su entorno, con base en estudios científicos y técnicos, conforme a lo dispuesto por la normatividad ecológica y de impacto ambiental vigente en el Ecuador” (Murillo Logacho, y otros, 2015).

En el Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se revisó el tema: “La Turbina a Gas como Solución Emergente a la Problemática Energética del País” de (Peña Montoya, 2009), de la carrera de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, quien llegó a las siguientes conclusiones:

“La demanda en el sector eléctrico nacional crece a un estimado de 180 MW anualmente, según datos estadísticos del CENACE” (Peña Montoya, 2009).

“Algunos proyectos como Mazar podrá dotar de 140 MW de potencia al país en el año 2009. Sin embargo, la demanda se habrá incrementado en 300 MW para esa fecha” (Peña Montoya, 2009).

“Un cálculo simple indica que para el 2013 se necesitarán 900 MW más, y hasta ahora los proyectos que están en desarrollo no van a satisfacer esa demanda” (Peña Montoya, 2009).

“Al revisar los costos de instalación y montaje para una central hidroeléctrica, estos están entre los 1000 y 1200 dólares por Kilovatio de capacidad instalada; para una central

térmica a vapor, el costo va de los 700 a 900 dólares por Kilovatio de capacidad instalada, mientras que el costo de Instalación de una central térmica a gas va de 500 a 600 dólares por Kilovatio de capacidad instalada” (Peña Montoya, 2009).

En el Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se revisó el tema de (Quinatoa Chamorro, 2012), de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica; quien llegó a las siguientes conclusiones:

“La recopilación ordenada de información sobre la turbina THYPOON de 5.2 MW del sistema de cogeneración de EP PETROECUADOR Refinería La Libertad, es de vital importancia, ya que se tiene una hoja de vida con los datos técnicos de cada equipo, permitiendo realizar la correcta gestión del mantenimiento” (Quinatoa Chamorro, 2012).

“Se determinó que la turbina THYPOON SIEMENS SGT 100 y el generador WEG SPF 800, 5.2 MW, son equipos: crítico y semi-crítico respectivamente, por lo que estos son muy importantes en el proceso de refinación del petróleo” (Quinatoa Chamorro, 2012).

“Con la programación de las tareas de mantenimiento para la turbina Thyphoon de 5.2 MW, se determinó las fechas de realización de las mismas, y se establecieron fichas de procedimientos para ejecutar las tareas de manera correcta” (Quinatoa Chamorro, 2012).

“La realización de las fichas de procedimientos de cada ruta de mantenimiento permitió establecer el proceso de ejecución, y determinar los repuestos y materiales necesarios para tenerlos en stock” (Quinatoa Chamorro, 2012).

“Se hizo un análisis de costos del mantenimiento y los resultados obtenidos verificaron que una correcta gestión del mantenimiento disminuye las pérdidas económicas y conserva el equipo en buen estado” (Quinatoa Chamorro, 2012).

“Se constató que las paradas imprevistas de la refinería genera una gran pérdida económica para la empresa, al seguir correctamente la programación de las tareas y procedimientos de mantenimiento detallados en esta tesis se evitara cuantiosas pérdidas económicas y el paro imprevisto del equipo” (Quinatoa Chamorro, 2012).

La falta de capacitaciones para los técnicos de mantenimiento de planta y gastos en mano de obra extranjera genera que en la actualidad se contrate a empresas internacionales certificadas por el fabricante para la ejecución de los mantenimientos programados y no programados.

La Unidad de Negocio Termogas Machala por contingencias o eventualidades no programadas tiende a dejar indisponibles las unidades hasta que, estos profesionales lleguen a la central y pongan en servicio la turbina, esto representa índices de confiabilidad y disponibilidad bajos y pérdida de producción.

Se realiza la búsqueda de trabajos similares a este proyecto, sin embargo, nuestra investigación no arrojó resultados.

### **Justificación:**

Este proyecto es **importante** tanto para toda la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC EP, ya que sus gastos de producción van a verse enormemente reducidos al no tener que contratar mano de obra extranjera; así mismo sus índices de confiabilidad y disponibilidad (producción y eficacia) van a mejorar, ya que cuando exista una eventualidad en planta se va a contar con el personal capacitado, es decir, que cuando suceda una falla en una de las turbinas térmicas no se tiene que esperar a que llegue el personal extranjero, sino que con el personal interno y adiestrado se van a realizar los trabajos en menor tiempo y a menor costo para la CELEC EP; y también para el personal de campo de la Unidad de Negocio Termogas Machala, ya que una vez que cuenten con la capacitación, su conocimiento puede ser transmitido a trabajos en las otras 4 unidades de Negocio que cuentan con turbinas de los mismos modelos.

Una vez que se implemente el proyecto de prefactibilidad para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. Termogas Machala en la empresa CELEC E.P. Unidad de Negocios Termogas Machala, se va a conseguir capacitar a un grupo de técnicos del área de mantenimiento quienes obtienen los conocimientos por parte del fabricante para que realicen los diferentes mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos a las turbinas de generación eléctrica heavy duty y las aeroderivativas; por lo tanto el **impacto** es significativo.

Al recibir la capacitación, el personal técnico es favorecido ya que adquiere nuevos conocimientos que lo convierten en TFA (Técnicos Capacitados por el Fabricante), lo que lo hace **factible** de ser implementado, permitiendo posicionarse mejor dentro del sector eléctrico a nivel nacional.

Para culminar, debido a los cambios constantes de la tecnología, los técnicos pueden ser capaces de utilizar los distintos softwares y sus actualizaciones, los que les va a permitir analizar los problemas o fallas y poder realizar los trabajos necesarios; de ahí que la **utilidad** es de gran trascendencia para el sector eléctrico y por ende para el país.

Con esta investigación se logra disminuir los bajos niveles de producción y eficacia, así como reducir los costos por generación, ya que se aminora o se elimina la contratación de mano de obra extranjera y a la par, se permite el crecimiento profesional de los técnicos de la Unidad de Negocio Termogas Machala. De ahí su **beneficio**.

### **Objetivo general**

Diseñar el proyecto de prefactibilidad para la creación de la empresa pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. Termogas Machala en la Empresa CELEC EP Unidad de Negocios Termogas Machala.

### **Objetivos específicos**

- Identificar a los clientes potenciales para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500.
- Establecer la viabilidad técnica del proyecto de creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500
- Determinar la inversión para el proyecto de prefactibilidad de la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento.
- Efectuar un análisis administrativo del riesgo para el proyecto de prefactibilidad de la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa**

A partir del 27 de mayo de 2011, la actual Central Termogas Machala paso a ser operada por la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, de conformidad con el convenio establecido entre la anterior operadora, MachalaPower Ltda. y la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP.

El 21 de julio del 2011, el Gerente General de la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, mediante resolución No. CELEC EP- GG-2011-143, creo como área administrativa-operativa la Empresa CELEC EP Unidad de Negocio Termogas Machala cuya generación de energía eléctrica es actualmente la única generadora a nivel nacional del Ecuador que produce energía eléctrica usando como combustible el Gas Natural desde el Golfo de Guayaquil.

Para la fecha de inicio de TGM como parte de la Corporación Eléctrica del Ecuador tenía como potencia instalada 130MW con un consumo de gas natural suministrado por PetroEcuador EP de 35MMPCD (millones de pies cúbicos diario).

En el mismo año 2011, por autorización del Gerente General de CELEC EP y basados en la proyección de la capacidad de producción y de entrega de gas natural, se inició el traslado de las seis (6) Turbinas Aero derivadas de marca General Electric modelo LM2500, estas unidades venían operando en Guayaquil en la Central Enrique García, Unidad de Negocio ELECTROGUAYAS, las mencionadas turbinas al contar con un sistema de combustión dual (gas natural o diésel), facilitaron para que puedan ser reubicadas en la Central Termogas Machala, con la finalidad que su combustible principal para la generación sea el Gas Natural y así, bajar los costos de producción de energía y

mantenimientos, preservando las secciones calientes, al utilizar un combustible menos agresivo.

Cada una de estas turbinas brinda una potencia nominal de 20MW con un consumo de 5MMPCD por turbina, aportando un total de 120MW al Sistema Nacional Interconectado para la producción de energía eléctrica, ocupando los primeros lugares para el despacho de generación térmica por el CENACE, teniendo un promedio de costos variables para potencia mínima de 0.04114 USD\$/kWh y para potencia efectiva de 0.03546.

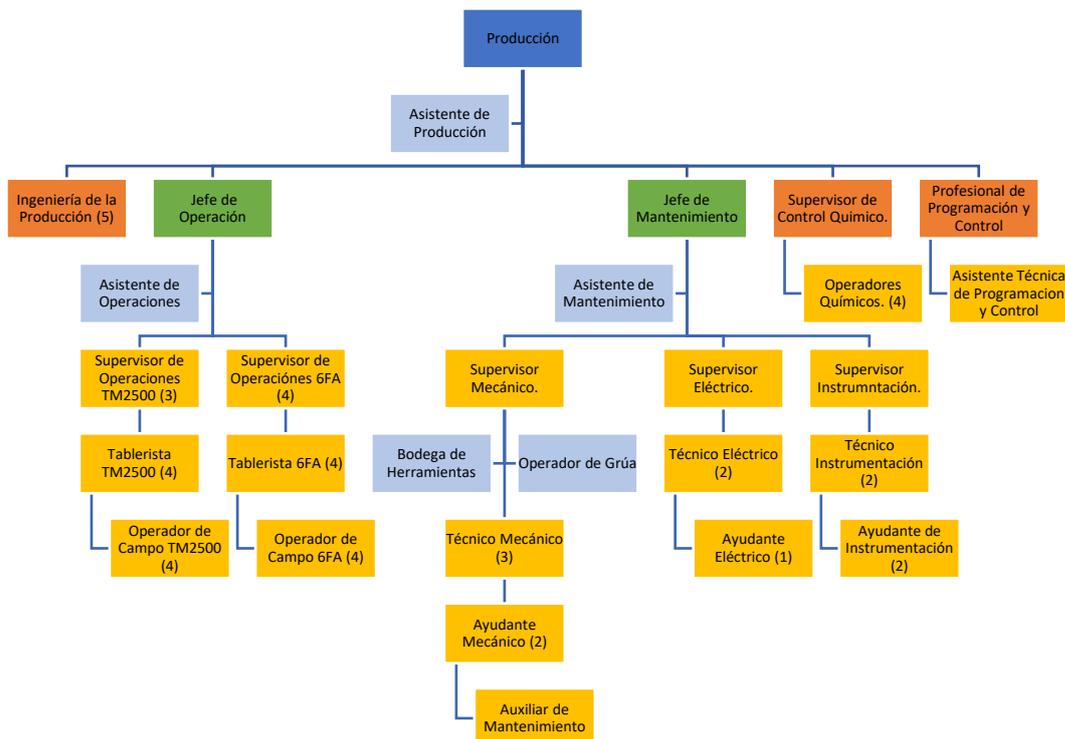
La Unidad de Negocio Termogas Machala, se encamina con firmeza y empeño a convertirse en una unidad líder en generación Termoeléctrica por su combustible que es el Gas Natural. Ha ejecutado algunos planes de mantenimientos según el manual del fabricante, dentro de los cuales se presentan para el estudio de prefactibilidad para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimientos de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P TERMOGAS MACHALA.

Por la falta de capacitaciones del personal de mantenimiento, se depende al 100% de la mano de obra de empresas extranjeras y/o capacitadas por el fabricante, para los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos de las unidades de generación, esto implica que, si una turbina queda indisponible los tiempos por este mantenimiento no programado se extienden, debido a que se tiene que esperar la respuesta de la compañía a la que se le adjudicó el contrato.

En reiteradas ocasiones el personal de mantenimiento, debido a su extensa experiencia ha solucionado los problemas en las diferentes unidades de generación y los distintos campos de acción (mecánico, eléctrico e instrumentación y control), pero debido a que los técnicos no se encuentran certificados, se debe esperar a que la empresa a la que se le adjudicó el contrato llegue al sitio para revisar y aprobar los trabajos ejecutados por el personal de planta, generando índices de confiabilidad y disponibilidad bajos.

Dentro de los clientes potenciales, se puede mencionar a la Unidad de Negocio TERMOGAS MACHALA, central Termogas Machala, ubicada en Bajo Alto, y otras centrales térmicas, como Santa Rosa y Miraflores, administradas por las Unidades de Negocio Termopichincha y Termomanabí respectivamente.

En la actualidad el departamento de producción de CELEC EP Termogas Machala está conformado según el siguiente organigrama.



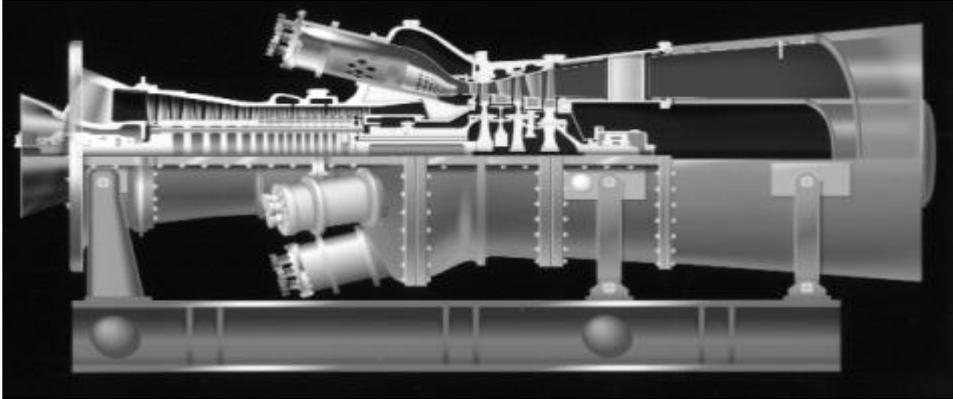
**Gráfico 1.** Flujograma de Producción  
**Elaborado por:** Alvarado, 2019  
**Referencia:** CELEC E.P

Los costos de mantenimientos por la contratación de servicio especializado para los mantenimientos de las turbinas de la Unidad de Negocio Termogas Machala, desde el 2014 hasta el 2017 bordea un millón novecientos cuarenta y tres mil ochenta y cinco 100/100 (\$1.943.085,10), lo que significa un incremento considerable en los costos variables de producción que son declarados al CENACE dentro de la tabla 3.19, el costo que describe CM costo de Mantenimiento-Valor de mano de obra adicional.

Se describen a continuación las turbinas motivo del desarrollo del Proyecto de factibilidad:

**Marca: GE**

**Modelo: MS6001FA**



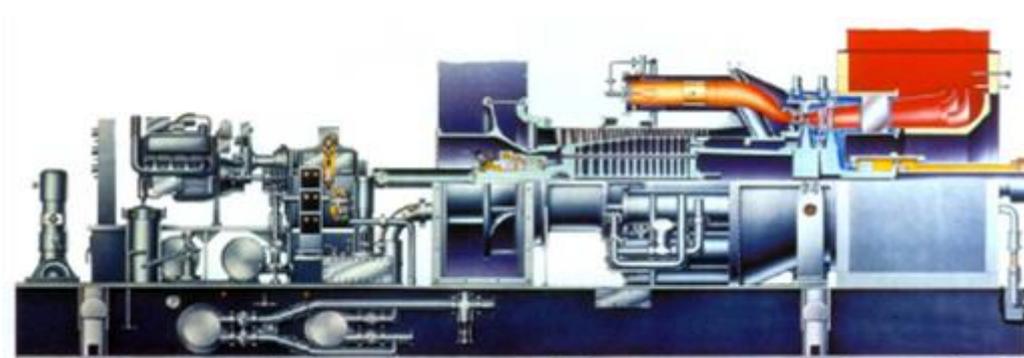
**Gráfico 2.** Modelo MS6001FA

**Fuente:** General Electric

Es una turbina de un solo eje que está compuesta de un compresor de flujo axial que tiene 18 etapas, 6 cámaras de combustión, 16 etapas de alabes móviles del compresor, 17 etapas de alabes fijos del compresor, 3 alabes de turbina móviles y fijos, 2 cojinetes en la parte de la turbina y 2 cojinetes en la parte del generador.

**Marca: GE**

**Modelo: MS5001**



**Imagen 2.** Modelo MS5001

**Fuente:** General Electric

Es una turbina de un solo eje que está consta de: 16 etapas de alabes móviles del compresor, 17 etapas de alabes fijos del compresor axial, 10 cámaras de combustión, 2 cojinetes de turbina localizados 1 en el compresor y 1 en el escape.

A estas turbinas denominadas Heavy-Duty (MS6001FA y MS5001) se les realizan los siguientes mantenimientos:

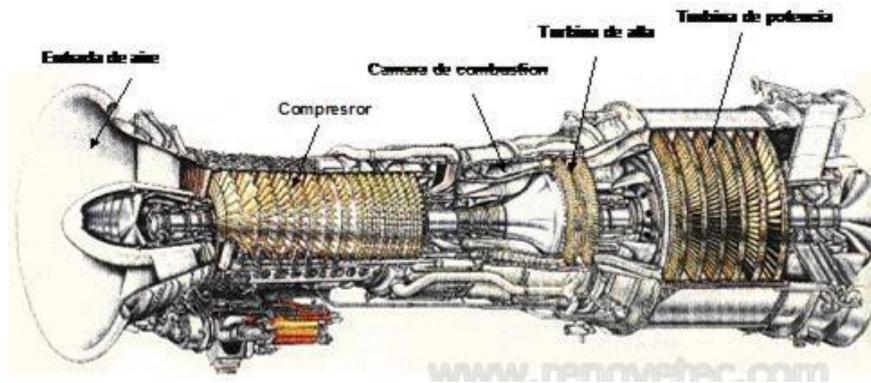
- **Combustion Inspection (CI):** Inspección de los elementos de la cámara de combustión (inyectores de combustible, ductos de transición, cámaras de combustión y cruzafuegos)
- **Hot Gas Path (HGP):** además de la revisión de los elementos de una inspección de la cámara de combustión, se cambian los alabes de 1ra, 2da y 3ra etapa de turbina, así como a los bloques térmicos de la etapa de la turbina, se le realiza pruebas de tintas penetrantes y de corriente Eddy (Eddy Current).
- **Mayor Inspection (MI):** Durante este denominado Mantenimiento Mayor, se realizan cambios de los elementos de la cámara de combustión, de las secciones calientes. Se retira el rotor para realizar la limpieza del cojinete, prueba de tintas penetrantes, alabes del compresor, cambiar cojinete axial y de empuje, alineación del conjunto turbina-caja engranaje-generador.

**Marca: GE**

**Modelo: LM2500**

La turbina LM 2500 está formada por un generador de gas y una turbina de potencia. Forman parte del equipo una bomba de aceite, sistema de suministro de combustible, las secciones de aire de entrada y gases de escape, y el sistema de control. La potencia total es de 25MW, la velocidad de giro es de 6500 rpm y la eficiencia térmica es del 37% en condiciones ISO.

El generador de gas de la LM2500 consta de 16 etapas de compresor con una relación 18:1. Dispone de siete etapas de geometría variable, una cámara de combustión anular con 32 inyectores de combustible montados desde el exterior, 1 turbina de potencia compuesta de 2 etapas de alta presión, 1 turbina de potencia que está formada por 6 etapas de baja presión, compuesto por rodamientos de rodillos y bola en 4 diferentes lugares y, el generador está compuesto con 2 cojinetes aerodinámicos.



**Imagen 3.** Modelo LM2500  
**Fuente:** General Electric

A estas turbinas se les realizan las siguientes revisiones:

- **Mantenimiento semestral:** Inspecciones boroscópicas, para revisar la condición de los álabes del compresor, cámara de combustión, álabes de turbina, segmentos distribuidores, termopares.
- **Mantenimiento por condición o por horas operativas:** para revisar la condición al combustor, fuel nozzles, turbina de alta (HPT) y rodamientos.
- **Inspecciones especiales:** Realización de ensayos no destructivos por líquidos penetrantes.

En las turbinas GE modelo LM2500 se realizan contrataciones anuales de mano de obra de seis (6) unidades Aero-derivadas, que se efectúan en dos periodos que son mantenimientos semestrales preventivos según el OEM del Fabricante, mantenimientos basados en condiciones y no programados, en las siguientes tablas se mostrara los mantenimientos y costos que se generaron desde el 2011 hasta el 2017.

**Tabla 1.** Costos de Mantenimiento LM2500 año 2014

Actividades	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Inspección semi-anual (SAI),	6	Turbina	\$8.100,00	\$48.600,00
Inspección anual (SAI),	6	Turbina	\$8.100,00	\$48.600,00
Preparación y movilización	2	und	\$7.300,00	\$14.600,00
Inspección anual de Control (ACI),	6	Turbina	\$10.300,00	\$61.800,00
Preparación y movilización	1	und	\$16.600,00	\$16.600,00

Actividades	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total
Cambio de Sección Caliente (HSE), Unidad TM5 y TM6	2	Turbina	\$68.600,00	\$137.200,00
Soporte Técnico (TS) (mensual), todas las Unidades	12	mes	\$2.900,00	\$34.800,00
Monitoreo Remoto (RM) (mensual), todas las Unidades	12	mes	\$250,00	\$3.000,00
Servicio en Campo por Eventos No Programados y Reparaciones Menores (MR), cualquiera de las Unidades	10	evento	\$8.550,00	\$85.500,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$45.700,00</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Referencia:** CELEC E.P

**Tabla 2.** Costos de Mantenimiento LM2500 año 2015

Actividades	Cantidad	V. unitario	V. total
Inspección semi-anual (SAI),	2	\$50,807.97	\$101,615.94
Inspección anual de Control (ACI),	1	\$123,530.00	\$123,530.00
Cambio de Sección Caliente (HSE) y Combustor (CE)	2	\$70,780.50	\$141,561.00
Soporte Técnico (TS)			00.00
Servicio de Campo por eventos no programados y Reparación Menores (MR)	574	\$155.00	\$88,970.00
Monitoreo Remoto (RM)	6		\$10,000.00
Consumibles		Incluido	00.00
		Subtotal	\$465,676.94
		IMP. A LA RENTA 22%	\$131,344.78
		<b>TOTAL SERVICIOS</b>	<b>\$ 597,021.72</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Referencia:** CELEC E.P

**Tabla 3.** Costos de Mantenimiento LM2500 año 2016

Ítem	Producto	Cantidad	V. unitario	V. Total
1	Servicio Técnico para inspección Semi-anual (SAI) de seis (6) unidades TM2500 (incluye 01 Especialista Mecánico)	2	\$54,314.72	\$108,629.44
2	Preparación y movilización (SAI)	2	\$16,260.00	\$32,520.00

Ítem	Producto	Cantidad	V. unitario	V. Total
3	Servicio Técnico para Inspección Anual de Control (ACI) de seis (6) unidades TM2500 (incluye 01 Especialista de Control)	1	\$55,710.00	\$55,710.00
4	Preparación y movilización (ACI)	1	\$10,340.00	\$10,340.00
5	TM3: Servicio Técnico por el Reemplazo de una sección caliente y Combustor. (Incluye 02 Especialistas Mecánicos por cada intervención). Suministro de consumibles necesarios para el reemplazo de una sección caliente y Combustor. Hay que considerar que los HSE se pueden ejecutar en periodos NO consecutivos.	1	\$59,781.00	\$59,781.00
6	Flete Aéreo Ida y Vuelta de Herramientas Especiales para trabajos de reemplazo de álabes fijos y HSE.	1	\$26,800.00	\$26,800.00
7	Servicio de soporte técnico en campo para eventos no programados y Reparaciones Menores (MR), para un total de 800 horas y un máximo de 10 movilizaciones.	1	\$124,000.00	\$124,000.00
8	Preparación y movilización para los eventos no programados	10	\$4,560.00	\$45,600.00
9	Monitoreo Remoto (RM), reporte escrito mensualizado de las novedades y/o cambios más relevantes en los parámetros operativos de las unidades	1	\$11,860.00	\$11,860.00
10	Soporte Técnico (TS), asistencia técnica especializada telefónica permanente	1	\$960.00	\$960.00
		SUB-TOTAL		\$476,200.44
		IMPUESTO 22%		\$134,312.94
		<b>TOTAL SERVICIOS</b>		<b>610,513.38</b>

Elaborado por: Alvarado, 2019

Referencia: CELEC E.P

**Tabla 4.** Costos de Mantenimiento LM2500 año 2017

Descripción de Trabajo	Valor
Servicio Técnico para Primera Inspección Semi-anual (SAI) de seis (6) unidades TM2500	\$44,000.00
Servicio Técnico por el Reemplazo de Combustor TM1	\$51,950.00
Servicio de soporte técnico en campo para eventos no programados y reparaciones menores - CRF reparación de fuga.	\$30,000.00

Descripción de Trabajo	Valor
Servicio de soporte técnico en campo para eventos no programados y reparaciones menores Reemplazo de Bushing TM2 y TM3	\$62,400.00
Servicio Técnico para Segunda inspección Semi-anual (SAI) de seis (6) unidades TM2500	\$44,000.00
Servicio Técnico para Inspección Anual de Controles (ACI) de seis unidades TM2500	\$52,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$284.850,00</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

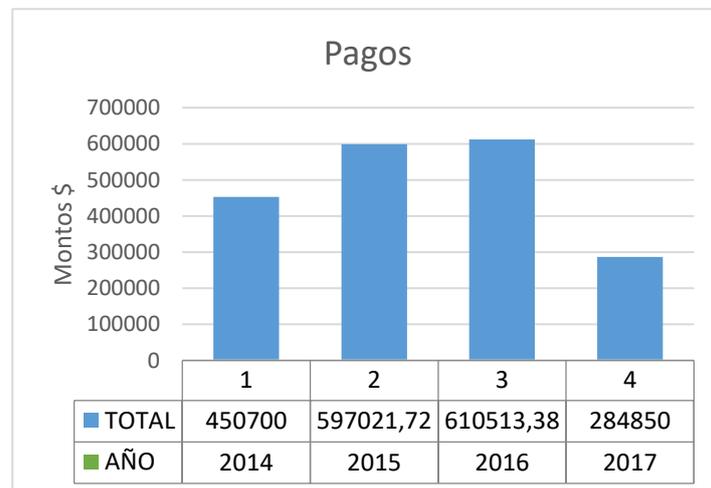
**Referencia:** CELEC E.P

**Tabla 5.** Costos de Mantenimientos LM2500 desde el año 2014 hasta 2017

PAGO ANUALES	
AÑO	TOTAL
2014	\$450.700,00
2015	\$597.021,72
2016	\$610.513,38
2017	\$284.850,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.943.085,10</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Referencia:** CELEC E.P



**Gráfico 2.** Costos de Mantenimientos anuales LM2500

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Referencia:** CELEC E.P

En las turbinas GE modelo MS6001FA se tenía un contrato con el fabricante, de Mantenimientos Programados y Suministro de Repuestos. Durante el ciclo operativo de

las Unidad 6FA's, se detalla los costos generados desde el 2011 hasta el primer trimestre del 2018 por los mantenimientos y repuestos adquiridos durante este periodo que bordea los veintisiete millones quinientos sesenta y tres mil seiscientos cincuenta 86/100 (\$ 27.563.650,86).

**Tabla 6.** Costos trimestrales de Mantenimientos 6FA

<b>PAGO TRIMESTRALES</b>					
<b>AÑOS</b>	<b>I TRIMESTRE</b>	<b>II TRIMESTRE</b>	<b>III TRIMESTRE</b>	<b>IV TRIMESTRE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2011</b>			\$ 596.184,46	\$ 809.398,42	<b>\$ 1.405.582,88</b>
<b>2012</b>	\$ 1.377.352,48	\$ 1.062.714,67	\$ 874.981,65	\$ 1.337.492,16	<b>\$ 4.652.540,96</b>
<b>2013</b>	\$ 1.197.591,00	\$ 448.579,34	\$ 791.249,27	\$ 1.223.800,46	<b>\$ 3.661.220,07</b>
<b>2014</b>	\$ 1.313.951,78	\$ 1.236.457,08	\$ 945.108,64	\$ 1.063.535,58	<b>\$ 4.559.053,08</b>
<b>2015</b>	\$ 982.392,69	\$ 904.559,31	\$ 1.219.549,85	\$ 982.825,41	<b>\$ 4.089.327,26</b>
<b>2016</b>	\$ 1.144.192,52	\$ 1.226.196,19	\$ 1.742.724,50	\$ 1.177.816,95	<b>\$ 5.290.930,16</b>
<b>2017</b>	\$ 1.247.700,08	\$ 1.224.399,61	\$ 800.193,47	\$ 632.703,30	<b>\$ 3.904.996,45</b>
<b>2018</b>	\$ 617.800,02				<b>\$ 617.800,02</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 7.263.180,55</b>	<b>\$ 6.102.906,20</b>	<b>\$ 6.969.991,83</b>	<b>\$ 7.227.572,28</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27.563.650,86</b>				

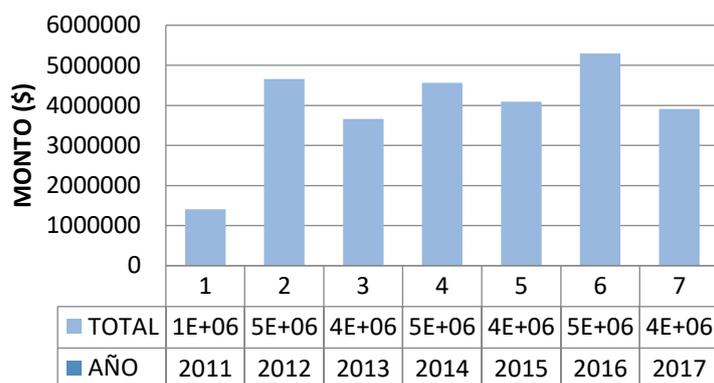
Elaborado por: Alvarado, 2019

**Tabla 7.** Pagos Anuales

<b>PAGO ANUALES</b>	
<b>AÑO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2011</b>	\$ 1.405.582,88
<b>2012</b>	\$ 4.652.540,96
<b>2013</b>	\$ 3.661.220,07
<b>2014</b>	\$ 4.559.053,08
<b>2015</b>	\$ 4.089.327,26
<b>2016</b>	\$ 5.290.930,16
<b>2017</b>	\$ 3.904.996,45
<b>2018</b>	\$ 617.800,02
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27.563.650,86</b>

Elaborado por: Alvarado, 2019

## PAGOS



**Gráfico 3.** Costos de Mantenimientos Anuales

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Referencia:** CELEC E.P

**Tabla 8.** Mantenimientos Forzados Unidades 6FAs

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / excitatriz y regulación de voltaje / excitatriz / motor de las escobillas para el arranque de la unidad	15-may-11	17-may-11	34:47:00	Mantenimiento forzado	No arranca por falla del motor de las escobillas de excitación, motor brush quemada una bobina.
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / turbocompresor / turbina / rueda móvil 1	21-ago-11	8-dic-11	2639:23:00	Mantenimiento forzado	Presencia de fisuras en la primera etapa de turbina. Base de alabes # 1 y 19.
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / turbocompresor / compresor	8-ene-12	13-ene-12	117:21:00	Mantenimiento forzado	Retiro de tuberías flexibles del primario y secundario de gas para habilitar la unidad 6FA1.se realiza lavado del compresor el 11 de enero

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / excitatriz y regulación de voltaje / excitatriz / motor de las escobillas para el arranque de la unidad	30-ene-12	30-ene-12	6:02:00	Mantenimiento forzado	Unidad no arranca, problemas con las IGV's y motor de las escobillas.
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / excitatriz y regulación de voltaje / regulador automático de voltaje	20-jul-12	25-jul-12	137:16:00	Mantenimiento forzado	No se puede arrancar por falla del AVR
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / control y supervisión	1-sep-12	3-sep-12	68:07:00	Mantenimiento forzado	Problema de combustión al bajar carga activa
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / turbocompresor / instrumentación y control / termocupla de escape tt_xd-13	10-oct-12	10-oct-12	13:37:00	Mantenimiento forzado	Alarma # 124 combustion trouble, alarma 125 high exh temp spread trip - cambio de termocuplas
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / convertidor estático de frecuencia / alimentación eléctrica y control	5-dic-12	5-dic-12	6:16:00	Mantenimiento forzado	Se comunica con el CENACE (Danny Lara) le indica que la unidad se requiere salir de paralelo para realizar chequeo del SFC solicitado por técnico GE Danielle de Ansaldo.
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / combustión / ignición / bujía	13-ene-13	13-ene-13	6:24:00	Mantenimiento forzado	Ignitor no arranca la unidad. Fue reemplazado

<b>Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA</b>						
<b>Unidad</b>	<b>Sistema/subsistema/equipo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tiempo indisponible</b>	<b>Tipo de indisponibilidad</b>	<b>Descripción del evento</b>
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / turbocompresor / ventilación y extracción / motor del ventilador de enfriamiento de carcasa de turbina #2	5-jul-13	5-jul-13	7:00:00	Mantenimiento forzado	Cambios de rodamientos y montaje del motor 88TK-2
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / turbocompresor / instrumentación y control / termocupla de escape tt_xd-11	18-jul-13	18-jul-13	3:30:00	Mantenimiento forzado	Cambio de termocuplas tt-xd-11
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / turbocompresor / instrumentación y control / termocupla de escape tt_xd-13	19-jul-13	19-jul-13	2:30:00	Mantenimiento forzado	Cambio de termocuplas tt-xd-13
6FA1	Subestación de central Termogas Machala I / patio de maniobra 138 KV / bahía de línea central Termogas Machala I / equipamiento primario / interrupción y seccionamiento / interruptor principal 52-212	3-ago-13	4-ago-13	24:52:00	Mantenimiento forzado	Cambio de relé de protección de línea 21B
6FA2	Subestación de central Termogas Machala I / patio de maniobra 138 kv / bahía de línea central Termogas Machala I / equipamiento primario / interrupción y seccionamiento / interruptor principal 52-212	3-ago-13	4-ago-13	18:37:00	Mantenimiento forzado	Cambio de relé de protección de línea 21B

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / línea de aceite lubricación de turbo generador / tuberías, válvulas y accesorios / válvula reguladora de presión de aceite en el cabezal VPR2-1-A	15- ene-14	16- ene-14	36:32:00	Mantenimiento forzado	Resolver perdida de presión de aceite / válvula VPR-2-1
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / línea de aceite lubricación de turbo generador / tuberías, válvulas y accesorios / válvula reguladora de presión de aceite en el cabezal VPR2-1-a	9-abr- 14	10- abr-14	25:44:00	Mantenimiento forzado	Corregir fuga en válvula VPR2-1
6FA2	Unidad de generación 6FA-2 / línea de alimentación de combustible gas / instrumentación y control / servo válvula 65GC-1	15- may- 14	15- may- 14	1:45:00	Mantenimiento forzado	Cambio de válvulas moog de la válvula de gas primario trip de la unidad al arranque: al cambio de modo de primary lean lean 82,75% de velocidad. Se activan las alarmas: 0120 exhaust temperature high:0121 exhaust overtemperature trip,
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / turbocompresor / cámara de combustión	12- jun-14	13- jun-14	11:49:00	Mantenimiento forzado	Corregir fuga de aire por tuberías de fuego cruzado

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / línea de alimentación de combustible gas / tuberías, válvulas y accesorios / válvula gas cuaternaria VGC-3	12-dic-14	12-dic-14	3:04:00	Mantenimiento forzado	Reparar fuga de aceite en tubería de accionamiento de válvula cuaternario de combustible
6FA1	Unidad de generación 6FA-1 / combustion / ignición / transformador para bujías 240 a 350000 volt	8-mar-15	9-mar-15	15:25:00	Mantenimiento forzado	Falla del sistema de ignición
6FA1	Central de generación - planta de generación de energía eléctrica - unidad de generación 6FA-1 turbocompresor instrumentación y control - bujía 95SP-4	6-abr-15	6-abr-15	8:40:00	Mantenimiento forzado	Reemplazo de bujía 65SP
6FA1	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-1 / línea de alimentación de combustible gas 6FA1 / tuberías, válvulas y accesorios	14-jun-15	16-jun-15	42:02:00	Mantenimiento forzado	Cambio de válvula de combustible SRV
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / línea de alimentación de combustible gas 6FA2 / tuberías, válvulas y accesorios	17-jun-15	17-jun-15	4:00:00	Mantenimiento forzado	Oscilación de posición de válvula SRV

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / regulador de velocidad	18-jun-15	18-jun-15	5:10:00	Mantenimiento forzado	Señal incorrecta de posición de IGV's
6FA1	Central de generación / sistema de combustible / recepción / línea de recepción fuel-oil/diesel/gas (1..n) / tuberías, válvulas y accesorios / válvula de combustible a gas de corte principal	16-sep-15	17-sep-15	8:06:00	Mantenimiento forzado	Corte suministro de gas para reparación de fuga en tubería de 2"
6FA2	Central de generación / sistema de combustible / recepción / línea de recepción fuel-oil/diesel/gas (1..n) / tuberías, válvulas y accesorios / válvula de combustible a gas de corte principal	16-sep-15	17-sep-15	8:16:00	Mantenimiento forzado	Corte suministro de gas para reparación de fuga en tubería de 2"
6FA1	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-1 / línea de aceite de lubricación de turbocompresor / bombeo-bomba de aceite de lubricación de emergencia [PQ2-1]	1-feb-16	1-feb-16	11:11:00	Mantenimiento forzado	Problema en el motor de la bomba de circulación de lubricación 88QE-1

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / regulador de velocidad / actuador de los alabes guía del compresor - cilindro hidráulico [ACV1-1] actuador de los alabes guía del compresor	3-abr-16	4-abr-16	21:12:00	Mantenimiento forzado	Inspección de válvulas IGV's
6FA1	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-1 / conexión generador eléctrico (gfa1)/barra (6FA1) - barra (6FA1)/transformador 6FA1 / protección de sobretensión- protección del rotor del generador eléctrico	18-abr-16	19-abr-16	33:56:00	Mantenimiento forzado	Disparo, alarma "rotor brush fault".
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / línea de aceite de lubricación de turbocompresor / bombeo - bomba auxiliar de aceite de lubricación [PQ1-1]	30-jun-16	1-jul-16	15:56:00	Mantenimiento forzado	Reparación en bomba del sistema de lubricación

Indisponibilidades correctivas de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema/subsistema/equipo	Fecha	Fecha	Tiempo indisponible	Tipo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / línea de aceite de lubricación de turbocompresor / bombeo-bomba auxiliar de aceite de lubricación [PQ1-1]	1-jul-16	1-jul-16	11:04:00	Mantenimiento forzado	Revisión bomba 88QA1
6FA2	Central de generación / planta de generación de energía eléctrica / unidad de generación 6FA-2 / turbocompresor / turbina-cojinete 1- cojinete 2 [bearing 1 -2]	24-jul-16	29-jul-16	111:14:00	Mantenimiento forzado	Altas vibraciones cojinete #1 y cojinete #2 turbina
6FA2		6-ago-16	19-ago-16	309:17:00	Mantenimiento forzado	Mantenimiento extendido consignación 2016-5555-ext
6FA2		25-sep-17	26-sep-17	18:17:00	Mantenimiento forzado	Ajustes en mantenimiento mayor de turbina y generador

Elaborado por: Alvarado, 2019

**Tabla 9.** Mantenimientos Planificados Unidades 6FAs

Indisponibilidades mantenimientos programados de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema	Equipo	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo de indisponibilidad	Descripción del evento
6FA2	Combustión	Mark v	11-may-12	13-may-12	48:34:00	Por pedido de GE se solicitó una consignación para revisión de fallas de arranques al 81 % TNH.
6FA1	Boroscopeo / lavado	Etapa cero / compresor / turbina	4-jul-12	6-jul-12	35:37:00	Unidad fuera de paralelo para boroscopeo por mantenimiento anual y se

Indisponibilidades mantenimientos programados de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema	Equipo	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo de indis	Descripción del evento
						realizó lavado fuera de línea.
6FA2	Mant. Anual	Mant. Anual	26-jul-12	20-ago-12	614:18:00	Mantenimiento anual. Se realizan pruebas de arranques, técnicos de GE
6FA1	Mant. Anual	Mant. Anual	25-ago-12	31-ago-12	162:25:00	Mantenimiento anual.
6FA2	Combustion	Mark v	31-ago-12	3-sep-12	60:27:00	Revisión por disparo al bajar la carga activa. TE G.E
6FA2	Sistema de gas / lavado axial/control	Mangueras manifold de gas	26-oct-12	27-oct-12	41:05:00	Cambio de mangueras flexibles nuevas originales. Cámara 6: del primario 2" * 2" / 300 psi. Del secundario: 2" * 11/2" / 300 psi. Del terciario: 11/4" * 1" / 300 psi. Cámara 1: del primario: 2" * 2" / 300 psi. Cámara 2: 2" * 2" / 300 psi. Cámara 3: del secundario 2" - 11/2" / 300 psi. Cámara 5: del secundario 2" * 11/2" / 300 psi. Cambio de sensor de velocidad 77ht-1 y cambio de placas orificios de los ductos de enfriamiento de la décimo tercera etapa. Cambio de sensor de velocidad 77ht-1 y se cambió las placas orificios de los ductos de enfriamiento de la décimo tercera etapa sacaron placas de 1,978 in y colocaron placas de mayor diámetro 2,427 in en los cuatro lados.

Indisponibilidades mantenimientos programados de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema	Equipo	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo de indis	Descripción del evento
6FA2	Arranque	SFC	6-dic-12	6-dic-12	10:05:00	Chequeo del SFC solicitado por técnico GE Danielle de Ansaldo.
6FA1	Lavado axial	Compresor	1-jun-13	2-jun-13	44:27:00	Lavado compresor e inspección boroscópica
6FA2	Lavado axial	Compresor	25-jun-13	26-jun-13	41:36:00	Lavado compresor e inspección boroscópica
6FA1	Mant. Anual	Mant. Anual	11-jul-13	16-jul-13	134:04:00	Mantenimiento anual programado
6FA2	Mant. Anual	Mant. Anual	17-jul-13	22-jul-13	126:11:00	Mantenimiento anual programado
6FA1	Vibración	System One	13-oct-13	17-oct-13	92:17:00	Instalación del sistema system one unidad 1 y upgrade controladores de Mark v, en las pruebas con 57 mw se dispara unidad,
6FA2	Vibración	System One	17-oct-13	19-oct-13	43:40:00	Trip de la unidad. Al 100% de velocidad, una vez que salió de línea, se activa alarma 274 compresor bleed valve por trouble trip. Instalación del sistema system one unidad 1 y upgrade controladores de Mark v
6FA1	Lavado axial	Compresor	31-may-14	1-jun-14	39:11:00	Lavado del compresor, inspección boroscópica y pruebas primarias de Scada.
6FA2	Lavado axial	Compresor	17-may-14	18-may-14	38:02:00	Lavado del compresor, inspección boroscópica y pruebas primarias de Scada.5
6FA2	Turbocompresor	Compresor y turbina	21-jun-14	23-jun-14	34:39:00	Inspección boroscópica
6FA1	Turbocompresor	Compresor y turbina	1-jul-14	1-jul-14	8:58:00	Inspección boroscópica

Indisponibilidades mantenimientos programados de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema	Equipo	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo de indis	Descripción del evento
6FA2	Mant. Anual	Mant. Anual	1-jul-14	18-jul-14	416:28:00	Mantenimiento anual
6FA1	Turbocompresor	Compresor	2-ago-14	3-ago-14	41:34:00	Inspección boroscópica, lavado del compresor
6FA1	Mant. Anual	Mant. anual	3-nov-14	25-nov-14	527:41:00	Mantenimiento anual Hot Gas Path (HGP)
6FA1	Línea de alimentación de combustible a gas	Válvula de paro SRV-1	14-jun-15	16-jun-15	42:02:00	Cambio de válvula de combustible SRV lavado del compresor
6FA2	Línea de alimentación de combustible a gas	Válvula de paro SRV-1	9-jul-15	11-jul-15	39:44:00	Cambio de válvula combustible SRV
6FA1	Turbocompresor	Compresor y turbina	15-ago-15	16-ago-15	37:34:00	Lavado fuera de línea compresor y boroscopio
6FA2	Turbocompresor	Compresor y turbina	17-ago-15	18-ago-15	34:14:00	Lavado fuera de línea compresor y boroscopio
6FA1	Turbocompresor	Compresor y turbina	9-oct-15	11-oct-15	26:53:00	Lavado fuera de línea compresor y boroscopio
6FA2	Turbocompresor	Compresor y turbina	11-oct-15	12-oct-15	27:32:00	Lavado fuera de línea compresor y boroscopio
6FA2	Unidad 6FA-2	Combustion	25-mar-16	1-abr-16	167:59:00	Mantenimiento anual. Inspección de combustión
6FA2	Unidad 6FA-2	Combustion	1-abr-16	3-abr-16	59:33:00	Mantenimiento anual. Inspección de combustión
6FA2	Unidad 6FA-2	Combustion	29-jul-16	1-ago-16	65:00:00	Mant. Correctivo programado ge
6FA2	Unidad 6FA-2	Combustion	1-ago-16	6-ago-16	143:55:00	Mant. Correctivo programado ge
6FA1			12-sep-16	21-sep-16	226:16:00	Mantenimiento anual-2016 (inspección de partes calientes)
6FA2			29-ago-17	1-sep-17	71:59:00	Mantenimiento mayor turbina y generador
6FA2			1-sep-17	25-sep-17	591:50:00	Mantenimiento mayor turbina y generador

Indisponibilidades mantenimientos programados de las unidades 6FA						
Unidad	Sistema	Equipo	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo de indis	Descripción del evento
6FA1	Lavado axial	Compresor	24-mar-18	26-mar-18	52:05:00	Lavado del compresor, inspección boroscópica
6FA1			29-jul-18	1-ago-18	62:40:00	Mantenimiento mayor
6FA1			1-ago-18	24-ago-18	566:03:00	Mantenimiento mayor

Elaborado por: Alvarado, 2019

**Área de estudio:**

**Dominio:** Tecnología y Sociedad.

**Línea de investigación:** Empresarialidad y productividad

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Gestión de Proyectos

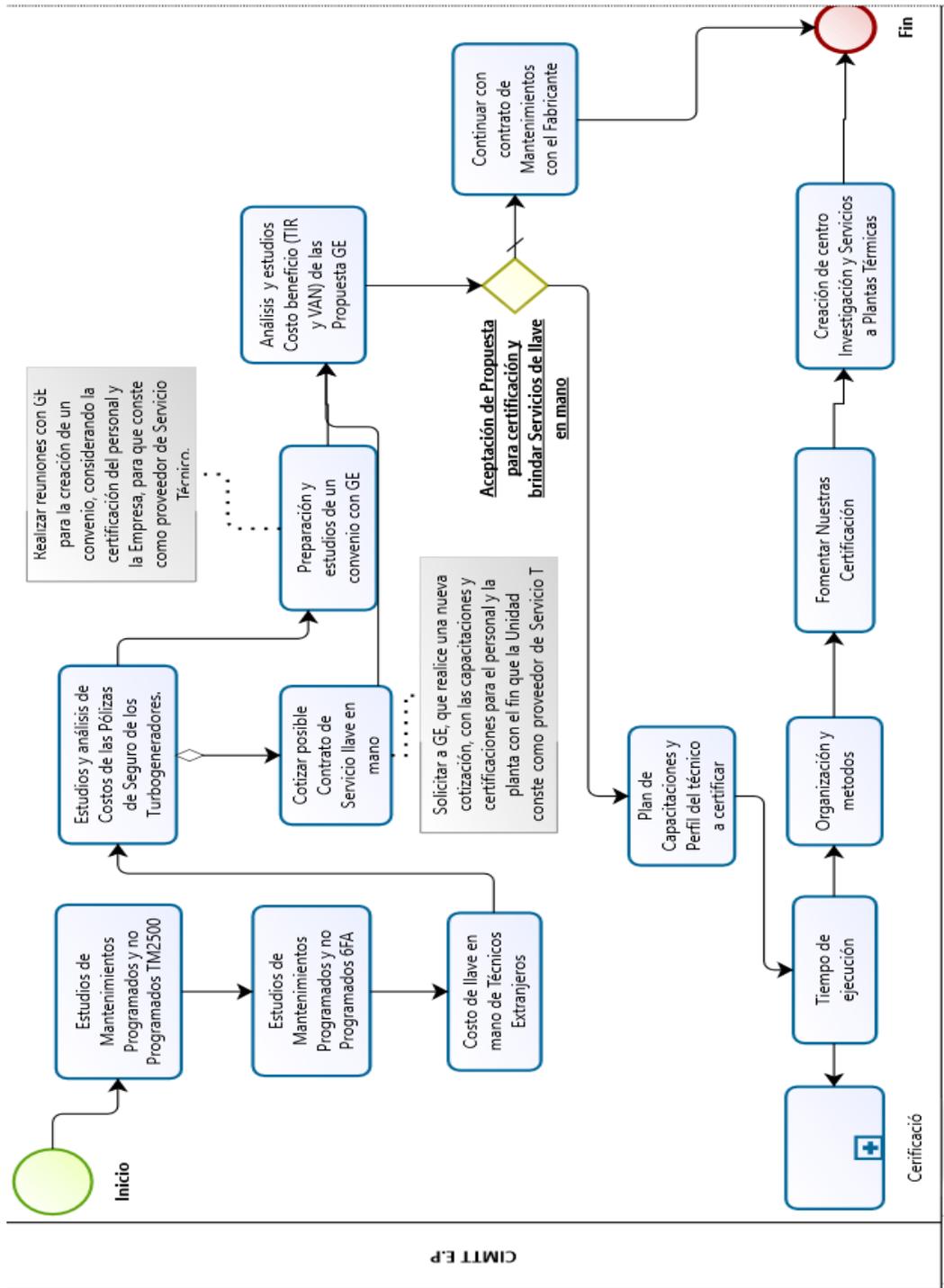
**Aspecto:** Prefactibilidad

**Objeto de estudio:** Gestión de Proyectos y Prefactibilidad

**Periodo de análisis:** enero a diciembre del 2018

**Lugar:** Termogas - Machala

**Modelo operativo:**



**Gráfico 4. Modelo Operativo**  
 Elaborado por: Alvarado, 2019

## **Desarrollo del modelo operativo**

### **Gestión de proyectos:**

Son todas aquellas acciones que deben realizar para cumplir con una necesidad definida dentro de un periodo de tiempo durante el cual se deben utilizar los recursos, herramientas y personas y que tiene un costo que se debe tener en consideración cuando se realice el presupuesto. (Meter, 2015).

En este sentido se desarrolla el proyecto en base a los requerimientos del PMI (The Project Management Institute), que recomienda estructurar un proyecto con la aplicación del Marco Lógico.

### **Análisis de Factibilidad:**

Sirve para orientar la toma de decisiones en la evolución de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativo o de formulación dentro del ciclo del proyecto. En esta parte del estudio de factibilidad deben tratarse primordialmente las cuestiones relativas a la localización, el tamaño y el proceso técnico, para llevar a cabo la prestación de los servicios o la producción de los bienes considerados. Se formula con base en información que tiene la menor incertidumbre posible para medir las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión (Jiménez, 1997). Se busca entonces investigar la factibilidad del proyecto en base a la demanda insatisfecha, al estudio técnico y a la viabilidad económica financiera.

### **Diseños de puestos de trabajo:**

Diseño del modelo administrativo adecuado para cada etapa del proyecto, niveles de inversiones necesarias y su cronología, lo mismo que el costo de operación y el cálculo de los ingresos. Las descripciones del cargo se refieren a las tareas, los deberes y responsabilidades, en tanto que las especificaciones del cargo se ocupan de los requisitos que el ocupante necesita cumplir. (Chiavenato, 2004). Los puestos de trabajo necesarios para que el proyecto se ejecute se determinan en base a los requerimientos del Centro de Investigación y Mantenimiento de Turbinas.

## **Índices de evaluación del Proyecto:**

El VAN y el TIR, son dos herramientas financieras que permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión entendiéndose como proyecto de inversión no solo por la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha. (Arturo, 2014). En base a los gastos efectuados en el mantenimiento de las turbinas fuera del país y los costos que se pueden incurrir al crear el Centro de Investigaciones y Mantenimiento, se realiza el análisis comparativo de costo beneficio.

## **Diseños de la planta:**

Un diseño y distribución de planta es la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación ya sea industrial o de servicios, los espacios, movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en el proyecto (Lopez, 2016). En base a ello se presenta el Layout de Termogas, ya que el CIMTT (Centro de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas) va a funcionar dentro de dichas instalaciones.

## **Ruta Crítica:**

Para la elaboración de la ruta crítica se deben llevar a cabo las duraciones de las actividades, calcular tiempos de inicio y determinación más temprana de cada actividad, calcular los tiempos de inicio y terminación tardía de cada actividad y calcular la holgura del proyecto, con la finalidad de la ruta crítica. (Prieto Herrera, 2009). En base a las actividades y a la secuencia de las misma se determina los tiempos para que se pueda ejecutar el Proyecto.

## **Presupuesto:**

La Clave es lograr la estructura óptima del capital, mediante la mezcla de balanceada de fuentes internas y externas de financiamiento que permitan mantener un riesgo aceptable, nivel de costo mínimo y que sea adecuado con las necesidades y realidades financieras del proyecto. (Prieto Herrera, 2009). Se prevé el monto de inversión del proyecto y el financiamiento del mismo.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación de la propuesta:**

El diseño que se aplica para la presentación de la propuesta del presente estudio tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, en la primera parte se hace referencia al análisis de las características o variables que se pueden medir del objeto de estudio, en la segunda parte se refiere a los hechos o exploración para interpretar y sacar conclusiones (Hernández, y otros, 2010). Considerando estos dos aspectos, se van a obtener datos de las estadísticas que disponga la empresa CELEC EP – TERMOGAS MACHALA; a su vez, se incluyen los procesos y procedimientos establecidos que son utilizados por el personal para ofrecer el servicio de electricidad, esto con el propósito de conocer el estado de situación actual e identificar el problema.

Con la información obtenida, se identifica claramente la situación actual y se diseña el modelo de Gestión del Conocimiento de la empresa CELEC EP – TERMOGAS MACHALA, incluyendo todas las áreas que la conforman. El modelo otorga a la parte administrativa la toma de las mejores decisiones, un manejo adecuado del talento humano, organización documental, transferencia de conocimientos, aplicación de procesos estandarizados y procedimientos de tal forma que se faciliten el cumplimiento de las estrategias y metas de la organización y a la parte técnica poder capacitarse y ser un aporte certificado dentro de la Corporación y a nivel personal.

En el plan de gestión para este proyecto de prefactibilidad se utiliza una sucesión de eventos tales como, estudios de mantenimientos programados y no programados para las unidades TM2500 y 6FA, costos de llave en mano de técnicos extranjeros, estudios y análisis de costo de las pólizas de seguro de los turbogeneradores, cotizaciones para un posible contrato de servicio llave en mano, preparación y estudio de un convenio con GE,

análisis y estudio de costo beneficio de la propuesta de GE importantes que se implementen en los tiempos establecidos y los cuales deben estar efectivamente mentalizados para que todo se desarrolle satisfactoriamente.

Se inicia con los distintos procesos de estudios de mantenimientos programados y no programados para las unidades TM2500 y 6FA, los cuales deben ser minuciosamente elaborados ya que los mismos son la base fundamental para el desarrollo de este estudio, es decir, deben ser concordantes con las recomendaciones que se detallan en los distintos manuales que otorga el fabricante, lo cual nos permite alcanzar el nivel de calidad y efectividad planteado.

Continuando con el estudio, se debe realizar la gestión de los costos, lo cual significa que se debe obtener los costos por la mano de obra extranjera, por las pólizas de seguro, el detalle de las herramientas y un posible contrato de servicio denominado “Llave en mano”, que es esencial para determinar si nuestro estudio es factible y poder llevar a cabo este proceso (incluya estimaciones, curva de costos del estudio).

Se debe realizar la gestión de los tiempos, en donde se debe incluir un cronograma concreto y detallado, lista de los recursos necesarios para cada actividad a realizarse, tiempos para las actividades, etc.

Gestión de la calidad donde se detalle cómo se realiza el control de la implementación de este proyecto de prefactibilidad.

Gestión de los recursos humanos, dónde se detalle la contratación del personal, tipos de horarios, plan de capacitación, perfil de los puestos, bonos, horas extras, etc.

Gestión de los riesgos a los que se expone la implementación de este estudio de prefactibilidad.

Gestión de las adquisiciones, donde se realizan las cotizaciones para los servicios como llave en mano de técnicos extranjeros, equipos, herramientas, etc.

## **Diagnóstico del Problema:**

El problema central del proyecto se enfoca en la necesidad de contar con un grupo de técnicos debidamente capacitados en mantenimientos de turbinas térmicas para la Unidad de Negocio Termogas Machala adscrita a CELEC EP, el cual puede identificar las siguientes causas y efectos.

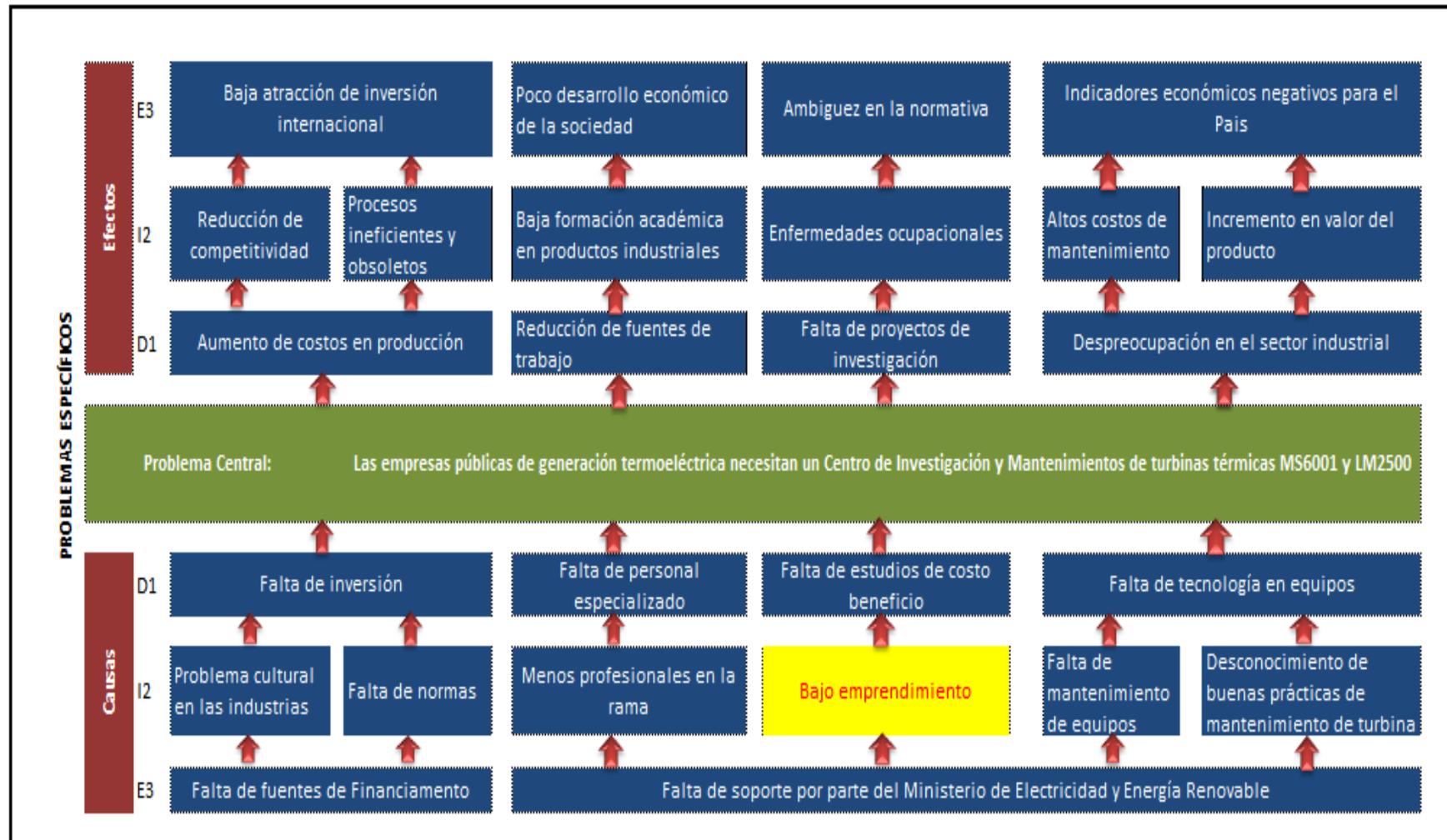
Los problemas macros identificados en el presente proyecto, se pueden determinar de la siguiente manera:

### Causas:

1. Falta de Inversión
2. Falta de personal especializado
3. Falta de estudios costo beneficio
4. Falta de tecnología en equipos

### Efectos:

1. Aumento de costo de producción
2. Reducción de fuente de trabajo
3. Falta de proyectos de investigación
4. Despreocupación en el sector industrial



**Gráfico 5.** Árbol de análisis de problemas  
**Elaborado por:** Alvarado, 2019

### **Línea Base:**

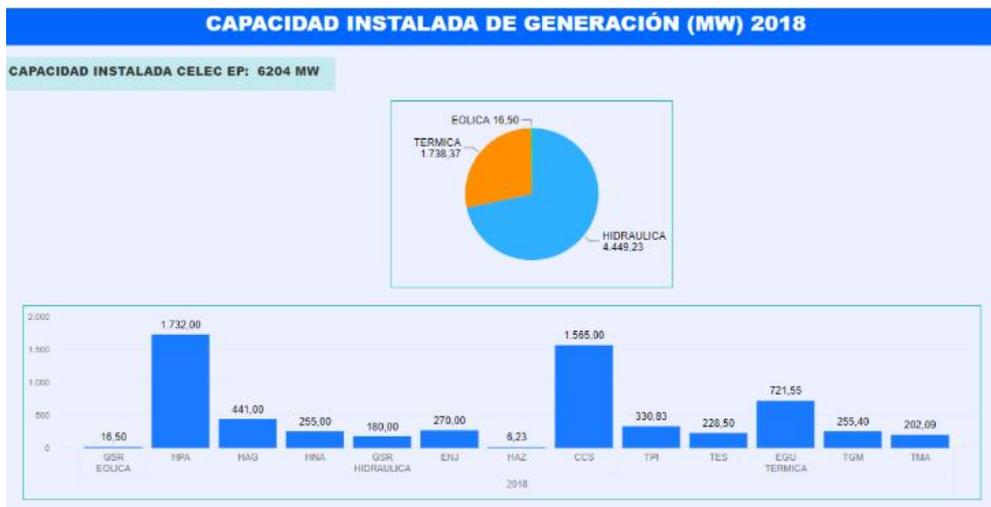
Ponderando la línea de base, se expresa las causas y los efectos descritos en el análisis de problemas (Gráfico 5), donde se deduce que:

- Existe ausencia de inversión que equivale a 0, es decir 0%.
- Falta personal especializado que equivale a 0, es decir 0%.
- Carencia de estudios costo – beneficio que equivale a 0, es decir 0%.
- Falta de tecnología en equipos que equivale un 53%.

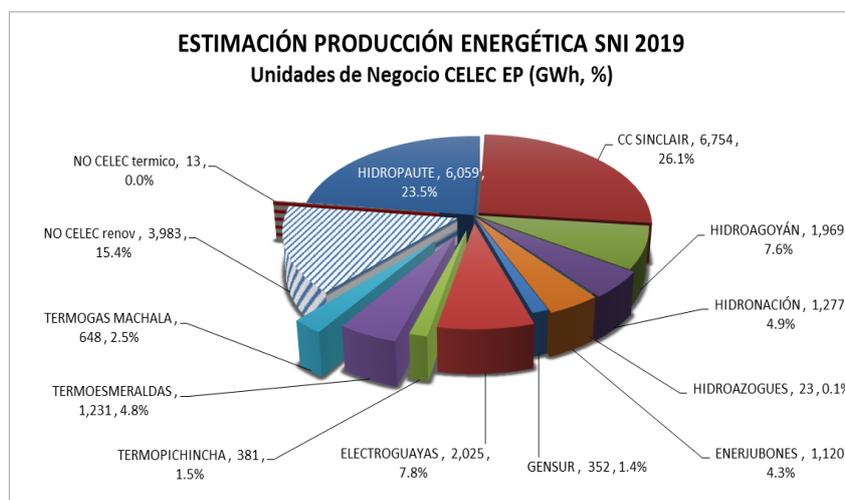
Por tanto, el proyecto parte de cero toda vez que la empresa Unidad de Negocio Termogas Machala carece de capacitación para el personal técnico en las diferentes áreas de mantenimiento de las turbinas térmicas.

### **Identificación y caracterización de la población objeto:**

Las principales empresas beneficiadas con el presente proyecto son las centrales térmicas del Ecuador. La Unidad de Negocio Termogas Machala va contar con técnicos debidamente capacitados para los mantenimientos de las Turbinas de Generación en las áreas eléctricas, mecánicas, de instrumentación y control, con la cual se incrementa la competitividad en el sector de generación de energía eléctrica en el área de mantenimiento de turbinas térmicas, minimizando la contratación de servicios de llave en mano, indisponibilidad por los mantenimientos no programados, mejorando la confiabilidad de las unidades de generación con la finalidad de reducir costos fijos para mejorar la rentabilidad de las Unidades de Generación. Lo que se puede corroborar en base a la capacidad instalada de generación en el año 2018 (Gráfico 6) y la relación con la producción energética del Ecuador (Gráfico 7).



**Gráfico 6.** Capacidad de Generación 2018  
Elaborado por: CELEC EP



**Gráfico 7.** Producción Energética del Ecuador  
Elaborado por: CELEC EP

### Resultados esperados:

- 1) Aportar al Estado Ecuatoriano con personal altamente capacitado en turbinas TM2500 y 6FA.
- 2) Reducción de los costos por contratación de mano de obra extranjera.
- 3) Altos índices de confiabilidad y disponibilidad.
- 4) Adquisición de equipos y/o herramientas para los mantenimientos en las diferentes áreas (mecánica, eléctrica e instrumentación y control).
- 5) Disminuir los tiempos de respuesta por los mantenimientos no programados en un 80%.

Los principales resultados se los puede evidenciar en la respectiva matriz (Tabla 10), principalmente con el desarrollo de los indicadores de resultados y aplicando la matriz de Marco Lógico que describe todos los componentes del Proyecto de factibilidad (Tabla 11).

## Matriz de Resultados

Tabla 10. Matriz de resultados

<b>Impacto del Proyecto</b>	a) Atracción de inversión internacional. b) Desarrollo económico de la sociedad. c) Fortalecimiento de la normativa. d) Indicadores económicos positivos para el país.
<b>Finalidad del Proyecto</b>	Incrementar la competitividad en el sector eliminando la contratación de mano de obra extranjera y reducción de los altos costos de mantenimientos, facilitando la formación académica en mantenimientos de Turbinas Térmicas industriales y fomentando el desarrollo económico de la sociedad.
<b>Indicadores de Resultados (Fin)</b>	<b>Línea de Base</b>
<b>Componente 1. Se atrae inversionistas locales.</b>	
1. Implementación de cultura de estudios para la creación de un CIMTT	0 1 inversionista local
2. Se ha integrado técnicas de gestión de mantenimiento.	0 1 inversionistas local
<b>Componente 2. Se capacita a personal especializado en mantenimientos de turbinas térmicas industriales.</b>	
1. Capacitación de personal	0 Capacitar 7 especialistas (3 mecánicos, 2 eléctricos y 2 Instrumentación y Control)
<b>Componente 3. Realización de estudios de costo beneficio</b>	
1. Se ha realizado análisis de costo-beneficio de las capacitaciones versus la contratación de servicios de mantenimientos.	0 1 estudio de costo beneficio
<b>Componente 4. Facilitación de tecnología en equipos</b>	
1. Balanceadora de Momentos para alabes de turbina	0 Compra de 1 equipo
2. Eddy Current	0 Compra de 1 equipo

Elaborado por: Alvarado, 2019

# Matriz de Marco Lógico

Tabla 11. Matriz de Marco Lógico

Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos	
<b>FINALIDAD</b> Eliminar la contratación de mano de obra extranjera y reducción de los altos costos de mantenimientos, facilitando la formación académica en mantenimientos de Turbinas Térmicas industriales y fomentando el desarrollo económico de la sociedad.	Ahorros significativos iguales o mayores al 35% en relación con los gastos de mantenimiento. Maximizar desarrollo empresarial 30% Disminuir los tiempos de indisponibilidad 98%	Informes de procesos Reportes diarios de operación Estados financieros anuales	<b>Factores impulsores:</b> 1. Gestión de las autoridades. 2. Gestión de proveedores. 3. Gestión de presupuesto. 4. Manejo de políticas.  <b>Factores restrictivos:</b> 1. Procesos administrativos externos de desahambianización.	
<b>PROPOSITO</b> Capacitación del personal técnico de planta para los mantenimientos programados y no programados en turbinas térmicas para mejorar los índices de confiabilidad y disponibilidad del sector energético.	Evaluación del personal técnico seleccionado	Procedimientos de análisis Programas Facturas		
<b>COMPONENTES</b> Atraer inversionistas	Inversionista local - CELEC EP Unidad de Negocio Termogas Machala	Contratos Programas de servicios Informe Financiero		
Capacitar personal especializado	Capacitar 7 especialistas (3 mecánicos, 2 eléctricos y 2 Instrumentación y Control)			
Realizar estudios de costo beneficio	Estudio de costo beneficio			
Repotenciación de equipos y compra de nuevos equipos y herramientas para los mantenimientos	Compra de 2 equipos para mantenimientos.			
<b>ACTIVIDADES</b> Promoción del CIMTT	1. Implementación de cultura de estudios para la creación de un CIMTT 2. Se ha integrado técnicas de gestión de mantenimiento.	3.500,00		0,15%
Tener procesos de capacitación	2. Capacitación de personal.	2.000,00		0,09%
Determinar beneficios	1. Se ha realizado análisis de costo-beneficio de las capacitaciones versus la contratación de servicios de mantenimientos.	1.954.646,00		85,29%
Se facilita tecnología en equipos	1. Balanceadora de Momentos para alabes de turbina 2. Eddy Current	2.000,00 104.215,93 225.326,00		0,09% 4,55% 9,83%
	<b>TOTAL, PRESUPUESTO</b>	<b>2.291.687,93</b>	<b>100,00%</b>	

Elaborado por: Alvarado, 2019

## Viabilidad Técnica de la Legalidad del Proyecto:

En la actualidad para los mantenimientos de las turbinas térmicas modelos LM2500 y 6FA, se contrata un servicio de llave en mano, es por esto, que el presente proyecto de prefactibilidad muestra si es conveniente contar con un grupo de técnicos altamente capacitados con la finalidad que ejecuten estas actividades con la misma eficiencia y eficacia o mejor que las empresas que normalmente se contratan al exterior.

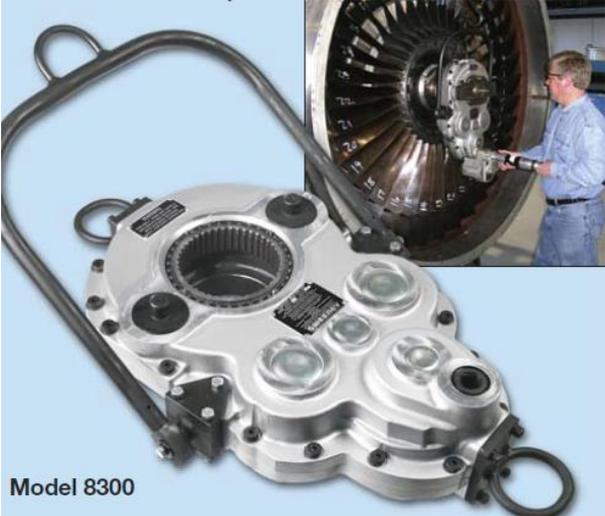
Para el desarrollo de los mantenimientos de las turbinas térmicas modelos LM2500 y 6FA se requiere la ayuda de equipos y herramientas como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Herramientas y Equipos para los mantenimientos

Item	Cant.	PN	Descripción
1	2 St.	1C6950G05; 1C6950P20	Wrench, Spanner, vert&horiz Cplg Nut (Llave vertical y horizontal para acoplamiento de tuerca) diámetro de la tuerca 7-3/4 inch x capacidad máxima de 4000 lb; diámetro de llave vertical 41 inch x alto 17-1/8 inch x capacidad máxima 2000lb 
2	1 St.	1C8069G02	Fixture, Lift HPT Rotor, horizontal Accesorio, izaje, HPTRotor, horizontal) dimensiones (alto 21 inch x diámetro 8-1/16 inch x ancho 2-1/4 inch capacidad de carga 1750 lb 

Item	Cant.	PN	Descripción
3	1 St.	2C6084G04	<p>Wrench, Spanner Nut, No.5 # (llave para tuerca No.5) dimensiones diámetro 37 inch x alto 15-1/2 inch x capacidad máxima de 4000lb</p> 
4	1 St.	2C6141G02	<p>Eye-Lift, HPT Rotor, Aft (Herramienta de izaje del eje del HPT Rotor) diámetro 6 inch capacidad de carga 750 lbs</p> 
5	1 St.	1C5937G01	<p>Gage, Concentricity # No.5 (Medidor de concentricidad)</p> 

Item	Cant.	PN	Descripción
6	1 St.	1C8200G01	<p>GG Liftbeam, without TMF (herramienta de izaje del generador de gases sin TMF) dimensiones largo 57 inch x Ancho 6-11/16 inch x Alto 5-3/16inch x capacidad máxima 6000 lb</p> 
7	1 St.	8200DS	<p>Torque Wrench 8200DS (Herramienta de torque)</p> 
8	1 St.	8202A	<p>Pneumatic Torque Multiplier, 8202A (Multiplicador de torque neumático)</p> 

Item	Cant.	PN	Descripción
9	1 St.	8202-290	<p>Torque Multiplier, 8202-290 (Multiplicador de torque)</p> 
10	1 St.	SWE8111E	<p>Torque Multipliers, SWE8111E (Multiplicador de torque)</p> 
11	1 St.	SWE8300	<p>Torque Multipliers, SWE8300 (Multiplicador de torque)</p> 

Item	Cant.	PN	Descripción
12	1 St.	047-89	<p>Soporte del rotor de turbina, dimensiones Largo 203 inch x Ancho 76 inch x Alto 89 inch x Capacidad máxima 20 toneladas</p> 
13	1 St.	047-88	<p>Biga de izaje dimensiones Largo 179 inch x Ancho 37-1/4 inch x Alto 10 1/4 inch x Capacidad máxima 20 toneladas</p> 
14	1 St.	ALBA 32A	<p>Tirfo (equipo de tracción capacidad 5000kg)</p> 
15	1	Optalign smart	<p>Alineador a laser</p> 

Item	Cant.	PN	Descripción
16	1	Mentor Visual IQ	Boroscopio Mentor Visual IQ 
17	1	WME2	Balanceadora de momentos 
18	1		Corrientes Eddy 

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

Con la implementación del CIMTT y con ello a un grupo de técnicos capacitados para realizar los mantenimientos de: cambio de sección caliente, boroscopia, alineación del turbo generador, mantenimientos preventivos y correctivos del sistema eléctrico, instrumentación y control de la turbina y el generador, se ven mejorados los aspectos de la gestión de mantenimientos, los índices de confiabilidad y disponibilidad de las Unidades de Generación.

## **Ingeniería del Proyecto:**

Se detalla una descripción de los componentes y actividades que se deben ejecutar durante el desenvolvimiento del proyecto de prefactibilidad y, de los mantenimientos de las unidades de generación modelo LM2500 y 6FA.

### **1. Componente 1.-** Se atrae inversionistas locales.

Debido a la falta de capacitaciones del personal técnico de planta, para el desarrollo de los mantenimientos de los turbos generadores en el sector energético, se ha visto la necesidad de contratar al fabricante para que sea quien imparta sus conocimientos y se prepare al grupo seleccionado para el desarrollo de las actividades sin restricciones.

Se requiere de la inversión para la adquisición de los servicios de capacitación.

El objetivo es la creación de un CIMTT con personal capacitado para el desarrollo de las actividades durante los mantenimientos de turbinas y generadores.

### **2. Componente 2.-** Se capacita personal especializado en mantenimientos de turbinas térmicas industriales.

Debido a la continua actualización y desarrollo de los procesos de mantenimiento de turbinas en el sector industrial, en los cuales las ingenierías mecánica, eléctrica y electrónica son de gran envergadura, se ha visto la necesidad de capacitar al personal en turbinas y generadores para el proyecto CIMTT en la comuna de Bajo Alto.

El alcance de este componente se detalla en la tabla 13:

Simbología utilizada para el área:

M = Mecánica

E = Eléctrica

EI = Eléctrica – Instrumentación

EM = Eléctrica - Mecánica

**Tabla 13.** Cursos de Capacitación

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Inspección en campo de los rodamientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de las carcasas de los rodamientos: función, estructura y calidad.</li> <li>• Direccionamiento de los pocket bearings, aislamiento de los pocket bearings: Función, estructura, instalación y desmontaje. Revisión y medición de los rodamientos. Medición de la resistencia del aislamiento. Documentos de calidad.</li> <li>• Definición de la función, estructura, instalación y desmontaje de los rodamientos axiales y radiales combinados. Documentos de calidad.</li> </ul>	M
<b>Medición de alineación de ejes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de acoples: acoples dentados, embrague de fricción rígida, acoples tipo shear bush y juntas de expansión. Acoples.</li> <li>• Realizar mediciones de los acoples. Mediciones de alineación de ejes, Prueba y revisión de: tuercas de los acoples, piezas de fricción, bridas de los acoples y enseñar medidas de seguridad para estos trabajos.</li> <li>• Mínimo 2 estudiantes.</li> </ul>	M
<b>Mantenimiento en sitio de la turbina (Capacitación práctica en equipos rotativos)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción general del diseño de la turbina y funcionamiento de las partes principales.</li> <li>• Capacitación práctica en el manejo de piezas pesadas de la turbina, el ajuste de las piezas de la turbina tomando varias medidas antes, durante y después de un reacondicionamiento.</li> <li>• Permitir tener una idea de la condición de las piezas de la turbina, lo que debe verificarse durante un reacondicionamiento.</li> <li>• Trabajo práctico para apretar correctamente los diferentes pernos.</li> <li>• Mínimo 6 estudiantes.</li> </ul>	M
<b>Vibración y balanceo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción general sobre vibración y balanceo y muestra a los participantes cómo analizar el comportamiento de la vibración de los equipos rotativos.</li> <li>• Revisión del equipo de medición de vibraciones, medición y análisis de la vibración absoluta y vibración del eje.</li> <li>• Guía paso a paso para la realización de un balanceo en campo en el rotor kit.</li> </ul>	M
<b>Mantenimiento de turbinas a gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos básicos para el mantenimiento de las turbinas GE tipo heavy duty y sus sistemas auxiliares. Modelos 3, 5,6, 7 y 9B/E y de tipo F.</li> <li>• Proporcionar a los participantes una comprensión básica de la construcción de las turbinas de gas, como funciona y los requisitos para los procedimientos de mantenimiento e inspección.</li> </ul>	M

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Mantenimiento de los sistemas de la turbina a gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar a los participantes las habilidades e información necesaria para inspeccionar y realizar el mantenimiento rutinario de los sistemas de las turbinas de gas GE tipo heavy duty. Mantenimiento preventivo rutinario, troubleshooting e inspecciones, revisión general de los procesos del sistema de combustión de la turbina, hot gas path y mantenimiento mayor.</li> </ul>	M
<b>Alineación de los ejes de todo el turbogenerador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar una visión general sobre alineación del eje.</li> <li>• Definiciones de alineación de soportes, alineación de rotores, propósito de la alineación del eje, causas y consecuencias de una mala alineación, características de los acoples defectuosos, diferentes tipos de shaftline, validación y las condiciones de una medición, mala alineación de las shaftlines cuando el equipo está operando, medición de los errores de desalineación en un acople y signos de convención.</li> <li>• Incluye la elección de materiales: verificación de concentricidad, metodología por contacto, análisis de registros.</li> <li>• Incluye verificación de paralelismo: metodología por contacto, análisis de registros.</li> <li>• Revisiones de las mediciones con alineación laser: ventajas principales, cálculo del factor de corrección de la alineación, diferentes métodos de alineación en una máquina en operación y estudio de casos.</li> </ul>	M
<b>Mantenimiento mecánico de la turbina de gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección general de la documentación para el mantenimiento de la turbina de gas, pruebas y hoja de datos.</li> <li>• Incluye revisiones A, B y C. Inspecciones A y B del boroscopio y, la revisión C: medición de la posición del rotor de la turbina de forma resumida, procedimientos principales de desmontaje (apertura de la carcasa de la turbina, extracción del rotor).</li> <li>• Mantenimiento mecánico preventivo de la turbina y sus sistemas auxiliares. Partes desgastadas: válvulas, empaquetadura de los sellos de la caja, engrasadores de aceite, juntas laberínticas, fuel nozzles, filtros de aceite, purificador de aceite, extractor de humos de aceite.</li> <li>• Preparación de la cubierta para la inspección (válvulas de combustible, aceite lubricante, aceite hidráulico, sistemas de engranaje, elevación del eje, posición del eje, salida del acople), programación de la mano de obra y pedido de repuestos y herramientas.</li> <li>• Revisión y mediciones que se realizarán en la turbina en funcionamiento, durante la desaceleración, en reposo y durante el reinicio después de la inspección.</li> <li>• Capacitación práctica a través de simulación y visitas al WSC son incluidas, cuando esté disponible.</li> </ul>	M

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Ingeniería Eléctrica - Protecciones eléctricas de los generadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento teórico básico de corrientes alternas, fallas del circuit breaker, diagramas de distribución de una planta de generación, corrientes de cortocircuito, transformadores de corriente y voltaje y principios de componentes simétricos.</li> <li>• Descripción general de las protecciones del generador, sus funciones, comportamientos, varios tipos de protecciones (normas ANSI) y el acoplamiento del generador.</li> <li>• Parámetros de ajuste e inyección del relé de protección.</li> </ul>	E
<b>Ingeniería Eléctrica - Introducción a la puesta en marcha y medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos básicos sobre la corriente continua: definición, intensidad, voltaje, leyes Ohm y Kirchhoff.</li> <li>• Corriente alterna: variación del voltaje, conceptos básicos de trigonometría, señales periódicas, impedancia, elementos del circuito (resistencia inductancia, capacitancia), conceptos básicos de desplazamiento de fase y reactancia.</li> <li>• Conceptos básicos de generación de energía: potencia de corriente continua, potencia de corriente alterna (potencia aparente, activa, reactiva), conceptos básicos de equipos de ingeniería eléctrica. Principios del funcionamiento de motores, alternadores y transformadores.</li> <li>• Presenta diferentes medidas eléctricas: bajo voltaje, alto voltaje y reductores de medición (CT y VT).</li> </ul>	E-I
<b>Descripción general de la operación y mantenimiento eléctrico - Generador refrigerado por aire y auxiliares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de seguridad eléctrica, diagramas unifilares y proporciona una descripción general de los principales componentes eléctricos y el concepto de operación eléctrica.</li> <li>• Configuración y función del generador y la excitatriz, rangos de operación y capacidades.</li> <li>• Revisión de los procedimientos de mantenimiento, así como las revisiones de los esquemas, pruebas eléctricas, inspección del sistema de enfriamiento dentro del generador, monitoreo del generador, aparellaje eléctrico (switchgear) del LV (función, operación, controles, formas de transferencia de la barra de distribución).</li> <li>• Descripción general del interruptor automático del generador: función y configuración de los componentes principales (interruptor SF6, mecanismo de operación), modos de operación y monitoreo.</li> <li>• Transformadores: función y configuración de las protecciones, respiraderos, enfriadores, bombas, conexiones, bushings, revisión de aceite y controles de estanqueidad.</li> <li>• Descripción general de las baterías, cargadores de baterías, inversers, sistema UPS: función, configuración, operación, mantenimiento de rutina, métodos para localización de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos e interfaces con el sistema de control.</li> </ul>	E-I

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Sistemas del Generador y sus componentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resumen de los tipos de plantas de energía más comunes y sus principales unidades de funcionamiento.</li> <li>Principio funcional de los generadores, cantidades eléctricas y clasificaciones de los turbogeneradores y designaciones del tipo de generador.</li> <li>Características de los turbogeneradores refrigerados por aire e hidrógeno, unidades funcionales del estator y del rotor (núcleos magnéticos bobinados, sistemas de aislamiento, protección de corona, cuña, soportes de bobinado, anillos de retención del rotor, conexiones).</li> <li>Sistemas de enfriamiento del estator y rotor (aire-agua, agua e hidrógeno), sistemas de sellado.</li> <li>Instrumentación y monitoreo, sistema de excitación, bobinado y rebobinado del estator y del rotor, teoría DVV, teoría de separación de fases y capacitación práctica de reemplazo de separación de fases.</li> </ul>	E-M
<b>Inspección del generador WX/WY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación en sitio para una inspección tipo C y planificación del mano de obra.</li> <li>Revisión de documentación: manuales de operación y mantenimiento, certificados de pruebas, procedimientos y planos.</li> <li>Desmontaje y reensamble de la parte de instrumentación del generador, secuencias paso a paso para el desmontaje, inspección, reensamble de todos los componentes del generador de acuerdo al cronograma de Parada (outage), herramientas especiales para el desmontaje y reensamble y alineación del rotor.</li> </ul>	E-M
<b>Desmontaje del anillo de retención del generador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modificaciones del devanado del extremo del rotor, instalación, uso del anillo de retención y la unidad de calentamiento o inducción.</li> <li>Uso de la fresadora de cuña, del taladro para el anillo amortiguador y el desmontaje y montaje del fan hub y del anillo de retención.</li> </ul>	E-M
<b>Mantenimiento de la excitatriz del generador EX2000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades necesarias para realizar maniobras básicas de operación y mantenimiento. Técnicas de solución de problemas del sistema EX2000.</li> <li>Manejo del EX2000 y uso del teclado de diagnóstico y el software GE ToolboxST * para solucionar problemas.</li> <li>Instrucción en el salón. Ejercicios prácticos de laboratorio utilizando simuladores del EX2000 y operación real con el EX2000.</li> </ul>	E-I
<b>Mantenimiento de la excitatriz del generador EX2000 - Avanzado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento avanzado del sistema digital EX2000 y solución de problemas mediante la aplicación ToolboxST*.</li> <li>Clase teórica y ejercicios prácticos de laboratorio utilizando el hardware.</li> </ul>	E-I
<b>Mantenimiento del sistema Mark V – Avanzado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento sólido para controlar adecuadamente el sistema Mark V y mantener las unidades disponibles y confiables.</li> <li>Formación real y entrenamiento práctico.</li> <li>Calibración de la válvula, instalación apropiada y calibración de instrumentos, puntos de fuerza y ajustes constantes.</li> <li>Este curso no está dirigido para clientes con aplicaciones aeroderivadas.</li> </ul>	E-I

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Sistema de Control Mark V (con HMI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos principales del sistema de control Mark V.</li> <li>• Instrucciones sobre los componentes del hardware y software del sistema de control Mark V y su interfaz (HMI), alarmas de troubleshooting y calibración de LVDT.</li> <li>• Ejercicios prácticos en Mark V.</li> </ul>	E-I
<b>Troubleshooting del Sistema de Control Mark V – Avanzado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas y sharpens troubleshooting y destrezas en la operación con el propósito de reducir disparos y recuperaciones, manteniendo el rendimiento y la disponibilidad.</li> <li>• Comparación de las destrezas de un operador de sala de control y las destrezas de un TA en Mark V.</li> <li>• Condiciones de operación, desde situaciones típicas a extremas con entrenamiento realista, práctico y en campo.</li> <li>• Este curso no está dirigido para clientes con aplicaciones aeroderivadas.</li> </ul>	E-I
<b>Mantenimiento del sistema de Control Mark VIe – Avanzado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curso completamente práctico sobre el conocimiento necesario para operar adecuadamente el sistema Mark VI, manteniendo las unidades disponibles y confiables.</li> <li>• Se centra en las habilidades para la resolución de problemas existentes o las que se adquieran en el curso avanzado del sistema de control Mark VI.</li> <li>• Calibración, reemplazo y determinación de posibles causas para un análisis de diagnóstico.</li> <li>• Este curso no está dirigido para clientes con aplicaciones aeroderivadas.</li> </ul>	E-I
<b>Nivel de Introducción &amp; Intermedio para el sistema de Control Mark VI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiariza a los participantes con los componentes del hardware y software, proporciona conocimientos detallados para troubleshoot y el mantenimiento del sistema de control y sus componentes.</li> <li>• Incluye material de capacitación del actual sistema instalado Mark VIe.</li> <li>• Las lecciones son complementadas con ejercicios prácticos en el laboratorio en una computadora HMI programada para simular una turbina.</li> <li>• Los ejercicios de laboratorio otorgarán conceptos básicos para que los participantes desarrollen habilidades intermedias que incluyen troubleshooting y alarmas.</li> </ul>	E-I
<b>Mark VIe Control Troubleshooting – Avanzado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas y sharpens troubleshooting y destrezas en la operación con el propósito de reducir disparos y recuperaciones, manteniendo el rendimiento y la disponibilidad.</li> <li>• Comparación de las destrezas de un operador de sala de control y las destrezas de un TA en Mark VIe.</li> <li>• Procedimientos necesarios para iniciar y parar correctamente una unidad y cómo responder en los diferentes niveles de alarmas durante la operación.</li> <li>• Procedimiento para encontrar una alarma por medio del software ToolboxST* para detectar el dispositivo que causó la alarma.</li> <li>• El curso será impartido a través de documentación de GE.</li> </ul>	E-I

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Sistemas de Control Woodward - Operación, Mantenimiento &amp; Troubleshooting (Aero)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación al personal de mantenimiento los sistemas de control de turbina Woodward MicroNet* y MicroNet Plus*.</li> <li>• Dirigido a participantes con CPUs que tengan puerto Ethernet y no tengan pantalla de 2 líneas. El contenido del curso incluye el diseño de hardware de los sistemas típicos desde el chasis a las tarjetas I/O y hasta los módulos en el campo.</li> <li>• Capacitación en la navegación del software Graphical Application Programmer (GAP).</li> <li>• Incluye el uso del software Woodward para evaluar el control del combustible, secuencia lógica y alarmas de la turbina.</li> <li>• Incluye los procedimientos para el actuador de control y otro procedimiento I/O.</li> <li>• Información general sobre el interfaz del operador (HMI).</li> </ul>	E-I
<b>LM2500 SAC/DLE Nivel 1 Mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades necesarias para realizar el mantenimiento Nivel 1 de la turbina de gas.</li> <li>• Procedimientos prácticos de mantenimiento, como extracción, ajuste y reemplazo de piezas externas.</li> </ul>	M
<b>LM2500 Nivel 2 (Sección Fría)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades necesarias para realizar el mantenimiento Nivel 2 (sección fría) de la turbina de gas.</li> <li>• Procedimientos prácticos de mantenimiento, como extracción, ajuste y reemplazo de piezas externas.</li> </ul>	M
<b>LM2500 Nivel 2 Mantenimiento (Sección caliente)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades necesarias para realizar el mantenimiento Nivel 2 (sección caliente) de la turbina de gas.</li> <li>• Procedimientos prácticos de mantenimiento, como extracción, ajuste y reemplazo de piezas externas.</li> </ul>	M
<b>LM2500 Inspección Boroscópica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos necesarios para evaluar la condición operativa de los componentes internos de la turbina de gas utilizando el boroscopio.</li> </ul>	M
<b>Mantenimiento de Turbinas de Gas - Clases B, E, F, H</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión firme de los requisitos básicos de mantenimiento de turbinas de gas GE tipo heavy duty y sus sistemas auxiliares.</li> <li>• Comprensión básica de la configuración, construcción de las turbinas de gas, requisitos de mantenimiento y procedimientos de inspección.</li> </ul>	M

Elaborado por: Alvarado, 2019

Las normativas a utilizarse durante este proyecto son las que se detallan a continuación y que colaboran a que cada proceso, tanto administrativo como técnico, se desarrolle dentro de los parámetros necesarios y estandarizados, lo cual permite que este proyecto de prefactibilidad cumpla con su objetivo principal y por consiguiente le posibilite a la empresa mejorar los resultados de la Corporación y lograr posicionamiento en el mercado:

- **ISO 17359:2018 - Monitorización de condición y diagnóstico de máquinas:** la cual dispone las pautas necesarias de la metodología a tomar en consideración al

momento de implantar un programa de seguimiento de condición de la maquinaria. La ISO 17359:2018 incluye antecedentes a estándares relacionados y necesarios en este proceso que se ajuste a cualquier tipo de máquinas.

- **ISO 19859:2016 – Aplicaciones en turbinas a gas. Requisitos para la generación de energía:** Especifica los requisitos mínimos de información documental y técnica para la evaluación y compra de sistemas de turbinas de gas para la generación de energía eléctrica. Aplicable a ciclo simple y turbinas de ciclo combinado que trabajen tanto en continente como en mar adentro.
  
- **API 610 – ISO 13709:2009 (Idéntica) – Bombas centrífugas utilizadas en las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural:** Esta norma indica los requisitos mínimos para las bombas centrífugas en voladizo, entre cojinetes y suspendidas verticalmente. También se la aplica para turbinas recuperadoras de potencia hidráulica. Ofrece muchas ventajas ya que ayuda a estandarizar para que una bomba funcione en buenas condiciones por largos periodos de tiempo, con el mínimo de mantenimiento.
  
- **ASME PTC22 – Códigos de prueba de rendimiento:** Por medio de este código se establecen instrucciones y procedimientos explícitos para la realización y emisión de los informes de resultados de las pruebas de rendimiento térmico en centrales que posean turbinas de gas de ciclo abierto y motores de turbinas de gas.
  
- **ISO 10437 – Industrias de petróleo, petroquímicas y de gas natural. Turbinas de vapor. Aplicaciones para fines especiales:** Detalla tanto los requisitos como las recomendaciones para el diseño, materiales, fabricación, inspección, pruebas y preparación para el envío de turbinas de vapor con fines especiales. También abarca los sistemas de lubricación, instrumentación, sistemas de control y equipos auxiliares.
  
- **API 612:2005 – Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural. Turbinas de vapor. Aplicaciones para fines especiales:** Especifica los requisitos mínimos para las turbinas de vapor con fines especiales a ser usados la industria de petróleo, petroquímica y de gas natural. Estos requisitos incluyen diseño básico, materiales, fabricación, pruebas y preparación de los envíos. También cubre los sistemas de

lubricación, instrumentación, sistemas de control y equipo auxiliar. No es aplicable a las turbinas a vapor con propósito general.

**3. Componente 3.-** Realización de estudios de costo – beneficio.

Toda vez que se realice las revisiones pertinentes entre los costos de los mantenimientos programados y no programados de las turbinas ejecutados por empresas extranjeras versus los costos de las capacitaciones para personal técnico de planta y el tiempo de implementación del mismo, se puede determinar cuál es el costo-beneficio más conveniente para la Unidad de Negocio Termogas Machala.

**4. Componente 4.-** Facilitación de tecnología en equipo y herramientas

La continua actualización para la realización de los mantenimientos de los turbos generadores como: mantenimientos predictivos y preventivo, es necesario el uso de equipos y herramientas para análisis de pruebas no destructivas, con la finalidad de detectar fallas antes de que se generen tiempos muertos por paros de emergencia y disminuir los costos de estos.

**Póliza de seguros de la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC EP:**

Para realizar mantenimientos en las turbinas de generación de energía eléctrica, el seguro verifica que se cumplan los procedimientos y capacitaciones del personal técnico que ejecuta las actividades que se detallan en el manual del fabricante, caso contrario, la aseguradora tiene la potestad de objetar si la póliza cubriese los daños que se podrían ocasionar.

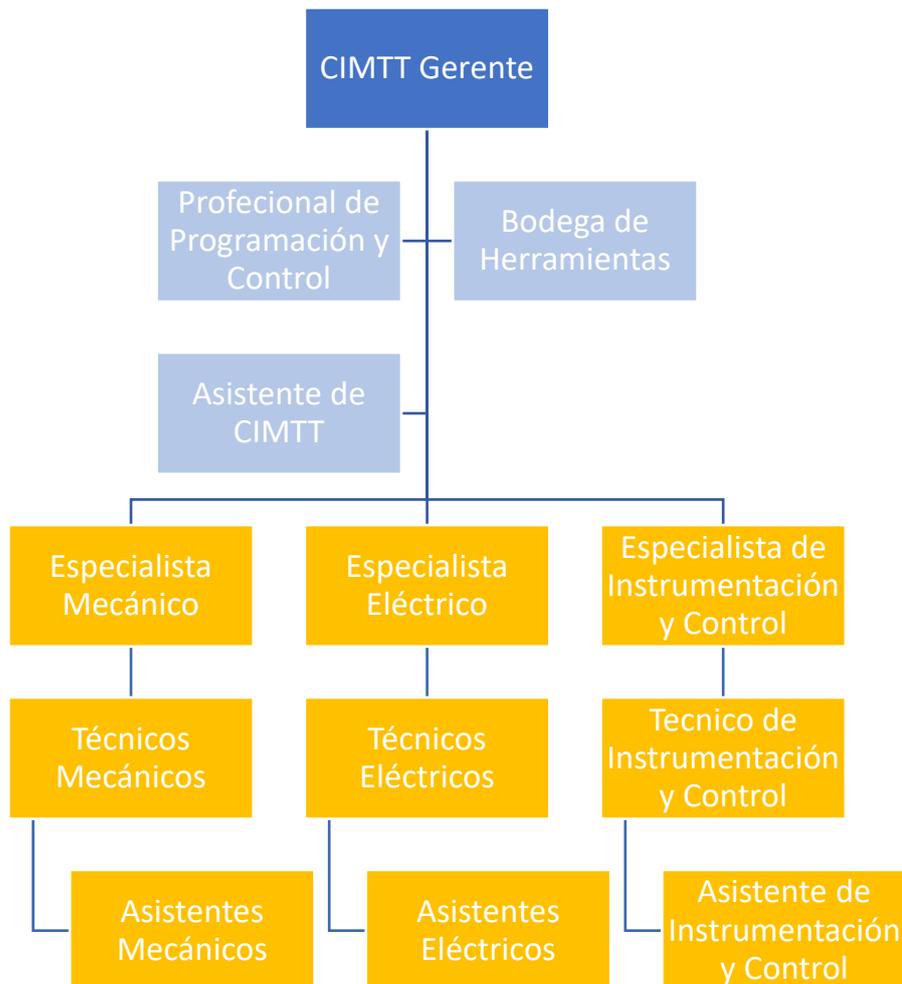
Para las averías en los equipos asegurados, el seguro estipula que se realice un análisis causa raíz, para el cual se deberá contratar una empresa que efectúe estos estudios y determine el problema. Si el evento fue causado por un mal procedimiento de mantenimiento, maniobra de operación, el seguro no cubre estas eventualidades.

Por lo antes expuesto y con la implementación del CIMTT, el seguro no tendría inconveniente de que el grupo de técnicos altamente capacitados por el fabricante realicen los mantenimientos siempre y cuando sigan los procedimientos que estipula el manual de

los modelos de turbinas térmicas. Al igual, se recomienda que se contrate una Hot Line (línea directa) con el fabricante para los casos de ingeniería o reingeniería de las máquinas.

### Propuesta de Organigrama para el CIMTT

Luego de realizar el estudio de mercado y administrativo se propone el organigrama que se detalla, mismo que cumple con las necesidades para el óptimo funcionamiento de los recursos técnicos y financieros del proyecto de pre factibilidad.



**Gráfico 8.** Propuesta de Organigrama del CIMTT  
**Elaborado por:** Alvarado, 2019

## Salarios y Componentes para el CIMTT

En la tabla 14 se puede evidenciar los salarios y componentes que el personal va a percibir una vez que el mismo sea implementado, así mismo, en la tabla 15 se observa la proyección con un incremento del 10% de inflación anual.

**Tabla 14.** Salarios y componentes para el CIMTT

N.-	NOMBRE	SUELDO BASICO	COMPONENTE SALARIAL UNIFICADO IESS	TOTAL A RECIBIR
<b>DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO</b>				
1	Gerente	3500,00	327,25	3827,25
2	Secretaria	910,00	85,08	995,08
3	PLANIFICADOR	1810,00	169,24	1979,24
	<b>SUMAN</b>	<b>6220,00</b>	<b>581,57</b>	<b>6801,57</b>
<b>DEPARTAMENTO DE ESPECIALISTAS Y TÉCNICOS</b>				
4	ESPECIALISTA MECÁNICO	2810,00	262,73	3072,73
5	ESPECIALISTA ELÉCTRICO	2810,00	262,73	3072,73
6	ESPECIALISTA DE CONTROL	2810,00	262,73	3072,73
7	TÉCNICO MECÁNICO	1810,00	169,24	1979,24
8	TÉCNICO ELÉCTRICO	1810,00	169,24	1979,24
9	TÉCNICO DE CONTROLES	1810,00	169,24	1979,24
10	ASISTENTE MECÁNICO	1410,00	131,84	1541,84
11	ASISTENTE ELÉCTRICO	1410,00	131,84	1541,84
12	ASISTENTE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	1410,00	131,84	1541,84
	<b>SUMAN</b>	<b>18090,00</b>	<b>1691,42</b>	<b>19781,42</b>
	<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>24310,00</b>	<b>2272,98</b>	<b>26582,98</b>
	<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>291720,00</b>	<b>27275,76</b>	<b>318995,76</b>

Elaborado por: Alvarado, 2019

**Tabla 15.** Proyección De Sueldos

AÑOS	TOTAL SUELDOS
2019	318995,76
2020	350895,34
2021	385984,87
2022	424583,36
2023	467041,69

Elaborado por: Alvarado, 2019

### Equipos de Oficina.

Dentro de los recursos necesarios para la comunicación y desarrollo de las diferentes actividades administrativas y técnicas del CIMTT se han considerado los equipos de oficina que se detallan en la tabla 16.

**Tabla 16.** Costos estimados de equipos de oficina

<b>DENOMINACION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Teléfono	8	30,00	240,00
Fax	2	170,00	340,00
Radio Intrínsecos	8	250,00	2.000,00
Televisor	1	400,00	400,00
Laptop	8	1.100,00	8.800,00
Papelera	5	12,00	60,00
Impresora	2	2.300,00	4.600,00
Escritorio	8	150,00	1.200,00
Sillón	8	150,00	1.200,00
Silla	8	75,00	600,00
Proyector	2	1.100,00	2.200,00
Archivador aéreo	8	65,00	520,00
		<b>TOTAL</b>	<b>22.160,00</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

A continuación, el cronograma de actividades del presente proyecto

**Tabla 17.** Cronograma de actividades enero a junio 2019

TIEMPO ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación de la propuesta a Gerencia	X	X																						
Entrega de documentación de la propuesta				X	X	X																		
Socialización de la propuesta al personal operativo seleccionado de CELEC-EP TERMOGAS MACHALA						X	X	X	X	X	X													
Entrega de formatos de registros y control del proceso de los mantenimientos													X	X	X	X								
Capacitación al personal																	X	X	X	X				
Retroalimentación																					X	X		
Ejecución de la propuesta																							X	X

Elaborado por: Alvarado, 2019

Fuente: Investigación directa

## Costo y Administración

En la Tabla 18 se presenta el costo de la propuesta al Proyecto de Prefactibilidad, referente a las capacitaciones, implementación de nuevos equipos y logística del personal, cuyo presupuesto referencial o costos estimados serían asumidos por la Corporación Eléctrica del Ecuador – Unidad de Negocio Termogas Machala. De ser factible la implementación del Proyecto de Prefactibilidad, se debe crear una línea presupuestaria dentro del POA (Plan Operativo Anual) y del PAC (Plan Anual de Contrataciones) donde se realice el detalle de los rubros respectivos.

**Tabla 18.** Costo de la propuesta

<b>COSTO E IMPLEMENTACIÓN</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Propuesta <ul style="list-style-type: none"><li>Proyecto de prefactibilidad para la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimientos de Turbinas Térmicas MS6001 Y LM2500 adscrita a la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P Termogas Machala</li></ul>	\$7.500,00	1	\$7.500,00
Capacitación (Logística) <ul style="list-style-type: none"><li>Socialización de la propuesta</li></ul>	\$1'954.646,00	1	\$1'954.646,00
Implementación de nuevos equipos <ul style="list-style-type: none"><li>Balanceadora de momentos para alabes de turbina</li><li>Eddy Current</li></ul>	\$329.541,93	1	\$329.541,93
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$2'291687,93</b>
Imprevistos 5%			\$114.584,40
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$2'406.272,33</b>

**Elaborado por:** Alvarado, 2019

**Fuente:** Investigación Directa

La administración de la presente propuesta está a cargo del Director del Proyecto en representación de CELEC-EP-Termogas Machala.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones:**

- Al identificar a los clientes potenciales para el desarrollo del proyecto, que en primera instancia serían las distintas Centrales de Generación de la Celec Ep, se puede considerar que la implementación de este Proyecto de Prefactibilidad, sería uno de los más importantes emprendimientos para la matriz productiva del sector eléctrico ecuatoriano, debido a que esta implementación generaría reducción de costos administrativos para la Corporación ya que se eliminaría la contratación de mano obra extranjera o el envío de piezas al exterior para que le realicen los mantenimientos. A medida que el proyecto de prefactibilidad se desarrolle se puede incluir prestar el servicio a las empresas privadas del sector eléctrico del Ecuador.
- Con el estudio técnico se determinó que la inversión para el desarrollo del Proyecto es de alrededor de los \$2'406.272,33 dólares que sería financiado por el estado (a través del presupuesto de la Celec Ep). Así mismo que la ejecución del proyecto se desarrollaría en el lapso de 1 año, una vez que se haya concretado que empresa certificada sería la encargada de capacitar al personal.
- El estudio financiero permite analizar la viabilidad financiera de este proyecto, es decir, su rentabilidad. Los altos costos de mantenimiento de turbinas que se desembolsan anualmente en las diferentes unidades de generación termoeléctrica avizoran que este tipo de propuestas sean viables ya que el costo beneficio demuestra que es viable y que existe un retorno del dinero y un ahorro en la inversión.
- Una vez que se ha efectuado el análisis administrativo del riesgo para el proyecto, se determina que el mismo es factible de ser desarrollado ya que existe la posibilidad de aplicar la transferencia de tecnología con Alemania y Japón que son los pioneros en crear y mantener este tipo de Centros de investigación y Mantenimiento de turbinas termoeléctricas y ellos serían los proveedores idóneos para que impartan la capacitación al personal seleccionado de la Unidad de Negocio Termogas Machala.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda primeramente confiar en el talento humano existente en el país y apoyar este tipo de proyectos que buscan generar fuentes de trabajo y un ahorro a las empresas del estado que con una inversión justificable logren tener en casa el conocimiento y la tecnología que hasta ahora se importa.
- Replicar este tipo de proyectos en centrales hidroeléctricas, eólicas y solares buscando generar tecnología propia con el apoyo de las potencias en este tipo de Centros de Investigación y que están esperando que haya el interés de países que busquen salir a flote y adquirir nuevos conocimientos.
- Llevar a ejecución el proyecto de prefactibilidad, analizando las fases y tomando en cuenta los tiempos y recursos existentes para beneficios de empresas generadoras de electricidad con sus centrales termoeléctricas.
- Se cuenta ya en el país con un centro de Investigación de turbinas hidroeléctricas que es el CIRT (Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas y partes industriales, y está dando excelentes resultados en ahorros económicos significativos para el país y brindando la oportunidad al talento profesional ecuatoriano para que lleve adelante este tipo de trabajos; lo cual demuestra que es posible la creación de la Empresa Pública de Investigación y Mantenimiento de Turbinas Térmicas MS6001 y LM2500.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Arturo. 2014.** CRECE NEGOCIOS. <https://www.crecenegocios.com/author/crece-negocios/>. [En línea] CRECENEGOCIOS, 17 de julio de 2014. [Citado el: 19 de 5 de 2018.] <https://www.crecenegocios.com/author/crece-negocios/>.

**Chiavenato, Idealberto. 2004.** *Administración de Recursos Humanos*. Los Ángeles: MC GRAW HILL, 2004.

**Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2010.** *Metodología de la investigación*. Quinta. CDMX: McGraw Hill, 2010.

**Jiménez, Enrique Núñez. 1997.** Contenido y Alcance del Estudio de Factibilidad. *Guía para la preparación de Proyectos de servicios públicos municipales*. Ciudad de México: INAP, 1997.

**LM2500. AVIATION, GE. 2017.** Cincinnati : GE, 2017.

**López, Bryan Salazar. 2016.** Diseño y distribución de planta. *Ingeniería Industrial online.com*. [En línea] 2016. [Citado el: 19 de 5 de 2018.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>.

**Meter, Work. 2015.** Work Meter. [En línea] 17 de 09 de 2015. [Citado el: 19 de 05 de 2018.] <https://es.workmeter.com/blog/gestion-de-proyectos-concepto-beneficios-y-fases>.

**PRADO, JOSELYNE DEL PILAR PRADO. 2017.** *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, TÉCNICA, ESTRATÉGICA Y ECONÓMICA PARA LA CREACIÓN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA Y GESTIÓN DE FACILITY MANAGEMENT*. Santiago de Chile : s.n., 2017.

**Prieto Herrera, Jorge Eliécer. 2009.** *Proyectos Enfoque Gerencial*. Bogota : ECOE, 2009.

**Timothy Ginter, Oliver Crabos. 2010.** Uprate options for the MS6001 Heavy-Duty Gas Turbine. *Energy Services*. General Electric, 201

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Cotización de capacitaciones

### Cover Letter

To: CORPORACION ELECTRICA DEL ECUADOR CELEC EP	Proposal: 1256695
Attn: Guillermo Alvarado	Date: November 30, 2017
Telephone: 593 7 3731630	Offering Type: Firm
Email: guillermo.alvarado@celec.gob.ec	

GE is pleased to submit this proposal for Customer Training.

GE is confident that this scope, as prepared and commented on by our technical training staff is complete and contains all the elements necessary to ensure a quality job, conducted in a timely manner, and at a reasonable price.

While reviewing our proposal, please consider the value that GE provides.

Thank you for the opportunity to serve you.

Submitted by:



Name: Fernando Reyes Baigorria

Title: Account Manager

Address: Avenida Isidora Goyenechea 2800 Edificio Titanium La Portada, Las Condes, Santiago, CL-AN  
7550647, CL

Telephone: +56 (22) 982-9814

Email: [fernando.reyes@ge.com](mailto:fernando.reyes@ge.com)

## Section 1 - Scope of Supply

GE will provide Customer Training scope of supply as summarized below. Detailed scope of supply for each course can be found in Course Outlines, Appendix A.

<b>Course Language:</b>	Spanish
<b>Training Material Language:</b>	Spanish
<b>Training Start Date</b>	04/02/18 (to be confirmed by Customer)

Course Number	Course Name	Number of Sessions	Number of Days	Maximum Number of Students	Training Location	Training Country
E-GRL10503	Practical Bearing Inspection	1	4	12	PS Learning Center - Birr, CH	Switzerland
E-GRL10505	Practical Shaft Alignment	1	5	12	PS Learning Center - Birr, CH	Switzerland
E-GRL10601	Vibration and Balancing	1	3	12	Customer Site	ECUADOR
E-CON13602	Woodward Control Systems - Operation, Maintenance & Troubleshooting	1	5	12	Customer Site	ECUADOR
E-CON13101	Mark V Control (with HMI) Maintenance (Operator Interface on 1st Day)	1	5	12	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-CON13102	Mark V Control (with HMI) Operator Interface	1	1	12	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-CON23101	Mark V Control Maintenance - Advanced	1	5	12	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-CON23102	Mark V Control Troubleshooting - Advanced	1	5	12	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-CON13401	Mark VIe Control Maintenance 10 Days	1	10	12	Customer Site	ECUADOR
E-CON13405	Mark VIe Control Migration from Mark V Control Operator Interface	1	1	12	Customer Site	ECUADOR
E-CON23404	Mark VIe Control Troubleshooting - Advanced	1	5	12	Customer Site	ECUADOR
E-ELX10103	EX2000 Excitation Maintenance	1	3	12	Customer Site	ECUADOR

Course Number	Course Name	Number of Sessions	Number of Days	Maximum Number of Students	Training Location	Training Country
E-AER10104	LM2500 SAC/DLE Level 1 Maintenance	1	5	8	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-AER10105	LM2500 Level 2 Cold Maintenance	1	5	8	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-AER10106	LM2500 and LM2500+ DLE Level 2 Hot Maintenance	1	5	8	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-AER10107	LM2500 and LM2500+ SAC Level 2 Hot Maintenance	1	5	8	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-AER10108	LM2500 Borescope Inspection	1	2	8	PS Learning Center - Houston, US	United States
E-GAS12002	Gas Turbine Maintenance	1	5	12	Customer Site	ECUADOR
E-GRL10507	Shaft Alignment of Turbogenerator Sets	1	2	10	PS Learning Center - La Courneuve, FR	France
E-GEN10102	Air Cooled Generators for Gas Turbine - Basics, operating principles, running and maintenance	1	5	8	PS Learning Center - Belfort, FR	France
E-ELX11402	Electrical Engineering - Generator Electrical Protections	1	5	8	PS Learning Center - La Courneuve, FR	France
E-ELX11403	Electrical Engineering - Introduction to Commissioning and Measurement	1	2	6	PS Learning Center - La Courneuve, FR	France
E-ELX11404	Electrical Operation & Maintenance Overview - Air Cooled Generator & Auxiliaries	1	3	6	Customer Site	ECUADOR

## Section 2 - Commercial Summary

### 2.1 Pricing

GE will provide the services as described in Scope of Supply Section 1.

The pricing itemization is per the table below:

Course Name	Number of Sessions	Price USD
Practical Bearing Inspection	1	76,532.00
Practical Shaft Alignment	1	89,654.00
Vibration and Balancing	1	61,405.00
Woodward Control Systems - Operation, Maintenance & Troubleshooting	1	105,869.00
Mark V Control (with HMI) Maintenance (Operator Interface on 1st Day)	1	112,068.00
Mark V Control (with HMI) Operator Interface	1	46,457.00
Mark V Control Maintenance - Advanced	1	112,068.00
Mark V Control Troubleshooting - Advanced	1	112,068.00
Mark VIe Control Maintenance 10 Days	1	178,653.00
Mark VIe Control Troubleshooting - Advanced	1	105,869.00
EX2000 Excitation Maintenance	1	76,756.00
LM2500 SAC/DLE Level 1 Maintenance	1	86,742.00
LM2500 Level 2 Cold Maintenance	1	86,742.00
LM2500 and LM2500+ DLE Level 2 Hot Maintenance	1	86,742.00
LM2500 and LM2500+ SAC Level 2 Hot Maintenance	1	86,742.00
LM2500 Borescope Inspection	1	48,125.00
Gas Turbine Maintenance	1	105,869.00
Shaft Alignment of Turbogenerator Sets	1	49,206.00
Electrical Engineering - Generator Electrical Protections	1	86,742.00
Electrical Engineering - Introduction to Commissioning and Measurement	1	47,043.00
Electrical Operation & Maintenance Overview - Air Cooled Generator & Auxiliaries	1	58,909.00
Air Cooled Generators for Gas Turbine - Basics, operating principles, running and maintenance	1	86,742.00
Mark VIe Control Migration from Mark V Control Operator Interface	1	47,643.00
<b>TOTAL:</b>		<b>1,954,646.00</b>

The pricing set forth in the table above includes the following:

- Instructor travel, living, and transportation costs.
- If Customer Training is conducted at a GE Learning Center, GE will provide a lunch per student.
- Instructor preparation time and travel time.
- Training equipment and materials as specified in the Course Outline, Appendix A ("Course Outlines").

## Anexo 2. Cotización de la Balanceadora de Momento

100 Years  
Balancing with Schenck

Schenck RoTec GmbH • Landwehrstraße 55 • D-64283 Darmstadt

Celec EP  
Corporacion Electrica del Ecuador  
km 1,5 / Via a Bajo Alto  
El Guabo - El Oro  
Ecuador

Through: **Herbert W Kruger Inc.**

### Moment Weighing Equipment WME 2

Dear Sirs,

We thank you for your interest in our products and are pleased to present you today a quotation for our

#### Moment Weighing Equipment WME 2,

including measuring unit and blade distribution system Bladis 4V.

The outstanding measuring accuracy and the rigid design make this scale a perfect solution for your moment weighing application. Weight and moment of the blade are measured simultaneously.

Our measuring and visualization unit is based on a modern PC with operating system Windows 7. The PC, operating system and software are also part of our today's quotation.

For connection of the blades to our moment weighing scale adaptor flanges are necessary. These can either be provided by us or by our customers. If you wish to provide the adapters on your own we will provide you with a general flange drawing of the scale.



Balancing and  
Diagnostic Systems

#### Schenck RoTec GmbH

Landwehrstraße 55  
64283 Darmstadt  
Germany

Phone: +49 6151 32-2311  
Fax: +49 6151 32-2315  
rotec@schenck.net  
www.schenck-rotec.com

Customer-No. 405887  
Offer-No. 2800.2502  
File-No. R 807.00140  
Contact Mr. Jochen Ehrhard / ED  
Phone +49 6151 32 1577  
Fax +49 6151 32 2315  
eMail ehnhard@schenck.net  
Date 18.10.2017

Certified according to:

DIN EN ISO 9001  
DIN EN ISO 14001  
VDA 6.4  
Ford Q1



DE AECC 105616

Board of Management:  
Jörg Brunko (Chairman)  
Susanne Schlegel

Registered Office:  
Darmstadt  
District Court Darmstadt  
HRB 1732  
VAT ID no.: DE 811 113 684

Bank:  
Deutsche Bank AG, Darmstadt  
Account: 0 111 260  
Bank code: 558 700 05  
IBAN: DE95508700050011125000  
SWIFT: DEUTDEFF3308

Commerzbank Darmstadt  
Account: 13 83132  
Bank code: 558 400 05  
IBAN: DE34508400050138313200  
SWIFT: COBADEFF3308

Please note: our today's quotation includes the design of one set of tooling, suitable for one blade type. This tooling can be seen as an example and our customers can design similar tooling for the remaining blade types.

Below you find a few pictures of such a tooling:



**QUOTATION No. 2117.7709**

<b>Item 1</b>	<b>1</b>	<b>Moment Weighing Equipment WME 2</b> for one axis measurement, according to specification.	<b>Price:</b>	<b>EUR 56.800,--</b>
<b>Item 2</b>	<b>1</b>	<b>Measuring and Visualization System Bladis 4V</b> digital PC measuring unit and software package, according to specification.	<b>Price:</b>	<b>EUR 11.350,--</b>
<b>Item 3</b>	<b>1</b>	<b>Engineering for a tooling adapter</b> suitable for one type of blade. In our extent of delivery a full set of manufacturing drawings is included  <b>Please note that:</b> Schcnck needs detailed blade drawings in order to engineer this tooling. The drawings and 3D Models need to be supplied to Schcnck 4 weeks after placing an order.	<b>Price:</b>	<b>EUR 7.400,--</b>
<b>Item 3.1</b>	<b>1</b>	<b>Manufacturing of a tooling adapter</b> based on the drawings ordered under Item 3. We manufacture one set of tooling	<b>Price:</b>	<b>EUR 7.900,--</b>
<b>Item 4</b>	<b>1</b>	<b>Installation, Commissioning and Training</b> of the quoted equipment (Items 1 and 2) for one Schcnck Service Engineer (local representative) for a duration of 3 days at customer's site plus 2 days travelling time.  Travelling time, hotel accommodation and flight tickets are also included in this price.	<b>Price:</b>	<b>EUR 9.000,--</b>

### Anexo 3. Cotización del Eddy Current



OFERTA	
Fecha	NUMERO
29/11/2017	TEDC1017

Para		Lugar de entrega			
ING GUILLERMO ALVARADO TÉCNICO MECÁNICO CELEC EP		POR CONVENIR			
POS.	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)
<b>SISTEMA DE INSPECCIÓN POR ARREGLO DE CORRIENTES EDDY (ECA)</b>					
1	REDDY-128	Reddy® Instrumento portable para Arreglo de Corrientes Eddy de 128 Canales , Pantalla Táctil de Calidad premium 26.4 cm (10.4 in). Incluye gran capacidad de almacenamiento interno de datos 100GB. 2 Baterías, cable cargador, manual de usuario y maleta resistente	1	112,096.00	112,096.00
<b>SONDA</b>					
2	-	Sonda (ECA) Arreglo de Corrientes Eddy. Personalizada, para inspección de turbinas	3	24,910.00	74,730.00
<b>CAPACITACION</b>					
3	-	Uso y manejo correcto del equipo de Arreglo de Corrientes eddy. 5 días en las instalaciones del cliente. Max 10 personas.	1	14,500.00	14,500.00
4	-	Entrenamiento y Certificación en Electromagnetismo (Eddy Current) Nivel I ASNT SNT-TC-1A. 48 horas de clases en las instalaciones del cliente. Max 10 personas. - Certificación por persona que apruebe el curso y que cumplan los requisitos en conformidad con la SNT-TC-1A.	1	12,000.00	12,000.00
5	-	Entrenamiento y Certificación en Electromagnetismo (Eddy Current) Nivel II ASNT SNT-TC-1A. 48 horas de clases en las instalaciones del cliente. Max 10 personas. - Certificación por persona que apruebe el curso y que cumplan los requisitos en conformidad con la SNT-TC-1A.	1	12,000.00	12,000.00
<b>TOTAL</b>					225,326.00

OFERTA VALIDA POR 30 DIAS  
CONDICIONES DE PAGO 50% CON LA ORDEN DE COMPRA 50% CONTRA ENTREGA  
GARANTIA DE 12 MESES  
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

### Anexo 4. Costo por mano de Obra

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Un técnico Especialidad para el primer mantenimiento semi-anual (18 días)	\$35,700.00	\$35,700.00
	Preparación y Movilización	\$8,300.00	\$8,300.00
2	Dos técnicos servicio de soporte técnico en campo para eventos no programados y reparaciones menores CRF reparación de fuga (7 días)	\$6,700.00	\$13,400.00
	Preparación y Movilización	\$8,300.00	\$16,600.00
1	Servicio técnico por reemplazo de partes calientes (4 días)	\$51,950.00	\$51,950.00

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
1	Servicio Técnico en campo para eventos no programados y reparaciones menores, reemplazo de bocines en 2 unidades (6 días)	\$31,200.00	\$62,400.00
2	Servicio Técnico en campo para el segundo mantenimiento anual (18 días)	\$35,700.00	\$71,400.00
		Total	\$259,750.00

**Anexo 5.** Capacitaciones para el área de mantenimiento

<b>Nombre del Curso</b>	<b>Resumen</b>	<b>Área</b>
<b>Practical Bearing Inspection</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Covers the Bearing casings: Function, Structure and Quality.</li> <li>Addresses Pocket bearings, insulated pocket bearings: Function, Structure, Installation and removal, Checks and measurements on the bearing, Measurement of insulation resistance, Quality documents.</li> <li>Describes the Combined axial – and radial bearings: Function, Structure, Installation and removal, Quality documents.</li> </ul>	M
<b>Practical Shaft Alignment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introduces the types of couplings: toothed couplings, stiff friction clutch, shear bush coupling, and expansion sleeve coupling.</li> <li>Includes how to perform Coupling measurements: Shaft alignment measurements, Testing and checking of: coupling nuts, friction parts, coupling flanges and Teaches safety measures.</li> <li>Requires a minimum of 2 students.</li> </ul>	M
<b>Practical Turbine Maintenance (Hands-On Rotating Equipment Training)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gives an overview on the turbine Design &amp; function of the main parts.</li> <li>Allows Hands-on training in handling of heavy turbine parts, adjusting of turbine parts taking various measurements before, during and after an overhaul.</li> <li>Gives an insight on the condition of turbine parts, what needs to be checked during an overhaul.</li> <li>Executes Hands-on training on tightening the various bolts correctly.</li> <li>Requires a minimum of 6 students</li> </ul>	M

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Vibration and Balancing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides an overview of vibration and balancing theory and shows participants how to analyse the vibration behavior of rotating equipment.</li> <li>• Covers the vibration measuring equipment, measurement and analysis of absolute vibration, and shaft vibration.</li> <li>• Provides a step-by-step guide on performance of a formal field balancing on the rotor kit.</li> </ul>	M
<b>Gas Turbine Maintenance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides information on the basic maintenance requirements for all types of GE heavy-duty gas turbines and their auxiliary support systems. Model Series (MS) / frame sizes covered: 3, 5, 6, 7 and 9. B/E and F class unit types.</li> <li>• Provides participants a basic understanding of gas turbine construction, how a turbine works, and requirements for maintenance and inspection procedures.</li> </ul>	M
<b>Gas Turbine Systems Maintenance*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides participants the skills and information necessary to inspect and perform routine systems maintenance on GE heavy-duty gas turbines.</li> <li>• Focuses on routine preventative maintenance, troubleshooting and inspections, overview of the turbine combustion, hot gas path, and major inspection processes.</li> </ul>	M
<b>Shaft Alignment of Turbogenerator Sets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides an overview of shaft alignment.</li> <li>• Covers the definitions of supports alignment, rotors alignment, aim of shaft alignment, causes and consequences of misalignment, characteristics of defects on couplings, different type of shaft line, validation and the conditions of measurement, misalignment of shaft lines when the group is operating, measurement of misalignment defects at coupling, and signs convention.</li> <li>• Includes discussion of materials: Concentricity check, methodology by contact, analysis of records.</li> <li>• Includes parallelism check: Methodology by contact, analysis of records.</li> <li>• Covers shaft alignment checks with laser measurements: Principle advantages, calculation of alignment correction, different methods of alignment surveys on an operating machine, and case studies.</li> </ul>	M

Nombre del Curso	Resumen	Área
<p align="center"><b>Gas Turbine Mechanical Maintenance</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides an overview of gas turbine maintenance documentation, test and data sheets.</li> <li>• Includes A-, B – and C-Inspections, A – and B-borescope inspections and C-inspection: Measurement of turbine rotor position and, in summary form only, main disassembly procedures (opening of the turbine housing, removal of the rotor).</li> <li>• Covers routine mechanical and preventive maintenance of the turbine and its auxiliary systems, wear parts: valves, stuffing box seals, oil scrapers, labyrinth seals, fuel nozzles, oil filters, oil purifier, and oil-fume exhaust fan.</li> <li>• Covers preparation for inspection (fuel valves, lube oil, jacking oil, and turning gear systems, shaft lift, shaft position, coupling run-out), scheduling manpower, and ordering spare parts and tools.</li> <li>• Covers checks and measurements to be made on the turbine during operation, during coast-down, at standstill, and during restart after an inspection.</li> <li>• Hands-on training via simulator and walk down to WSC are included when available.</li> </ul>	<p align="center">M</p>
<p align="center"><b>Electrical Engineering – Generator Electrical Protections</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reviews basic theoretical knowledge of alternative currents, circuit breaker failure, diagrams of a power plant’s distribution, short-circuit currents, current and voltage transformers, and principles of symmetrical components.</li> <li>• Provides an overview of generator’s protections, functions, behavior, various types of protections (ANSI standard), and generator-grid coupling.</li> <li>• Addresses injection and adjustment of the protection relay’s parameters.</li> </ul>	<p align="center">E</p>
<p align="center"><b>Electrical Engineering – Introduction to Commissioning and Measurement</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides the basics on the subject of direct current: Definition of electric current, current strength, electric voltage, resistance, Ohm and Kirchhoff laws.</li> <li>• Addresses alternating current: Variable voltage, trigonometry basics, periodic signals, impedance, circuit elements (resistance, inductance, and capacitance), phase displacement basics, and reactance.</li> <li>• Reviews power generation basics: Direct current power, alternating current power (apparent/active/reactive power), electrical engineering equipment basics, and operation principles of motors, alternators, and transformers.</li> <li>• Introduces different break equipment electrical measurements: Low voltage electrical measurement, high voltage electrical measurement, and measurement reducers (CT and VT).</li> </ul>	<p align="center">E-I</p>

Nombre del Curso	Resumen	Área
<p align="center"><b>Electrical Operation &amp; Maintenance Overview – Air Cooled Generator &amp; Auxiliaries</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers electrical safety measures, single-line diagrams, and provides an overview of electrical main components and electrical operation concept.</li> <li>• Includes generator and exciter configuration and function, operation ranges, and capabilities.</li> <li>• Reviews maintenance procedures, such as outline checks, electrical tests, and inspection of the cooling system inside the generator, generator monitoring, and LV switchgear (function, operation, control modes, bus bar transfer modes).</li> <li>• Includes generator circuit breaker overview: Function and configuration of the main components (SF6-breaker, operating mechanism), operating modes, and monitoring.</li> <li>• Covers transformers: Function and configuration, protection, breathers, coolers, pumps, connections, bushings, oil checks, and tightness checks.</li> <li>• Includes an overview of batteries, battery chargers, inverters, UPS-System: Function and configuration, operation, routine maintenance, fault tracing methods in electrical and electronic systems, and interfaces to the distributed control system.</li> </ul>	<p align="center">E-I</p>
<p align="center"><b>Generator Systems &amp; Components</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides an overview of the basic types of power plants and their main functional units.</li> <li>• Covers the functional principle of generators, electrical quantities and ratings of turbo generators, and generator type designations.</li> <li>• Includes features of air-cooled and hydrogen-cooled turbo generators, stator and rotor functional units (magnetic cores, windings, insulation systems, corona protection, wedging, winding supports, rotor retaining rings, connections).</li> <li>• Addresses the cooling systems of stator and rotor (air-water, water, hydrogen), and the associated sealing systems.</li> <li>• Covers instrumentation and monitoring, excitation system, winding and rewinding of stator and rotor, DVV theory, phase separation replacement theory, and practical training of phase separation replacement.</li> </ul>	<p align="center">E-M</p>
<p align="center"><b>Generator WX/WY Inspection</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the preparation of a site for C-inspection and planning manpower.</li> <li>• Includes working with documentation: O&amp;M manuals, test certificates, procedures, and drawings.</li> <li>• Addresses disassembly and reassembly of the generator instrumentation, step-by-step sequences for disassembly, inspection, and reassembly of all generator components in accordance with the outage time schedule, special tools for disassembly and reassembly, and alignment of the rotor.</li> </ul>	<p align="center">E-M</p>

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Generator Retaining Ring Removal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers rotor end winding modifications, installation, and use of the retaining ring device and the heating/induction unit.</li> <li>• Includes use of the support wedge milling device, the drilling device for damper ring, and disassembling and reassembling the fan hub and the retaining ring.</li> </ul>	E-M
<b>EX2000 Generator Excitation Maintenance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the skills required to perform basic operation, maintenance, and troubleshooting techniques on an EX2000 excitation system.</li> <li>• Addresses operation of the EX2000 exciter and using the diagnostic Keypad and GE ToolboxST* software to troubleshoot problems.</li> <li>• Consists of classroom instruction, practical lab exercises using EX2000 simulators, and actual EX2000 exciters.</li> </ul>	E-I
<b>EX2000 Generator Excitation Maintenance - Advanced</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Addresses advanced EX2000 digital excitation system maintenance and troubleshooting using the ToolboxST* application.</li> <li>• Consists of classroom theory and practical lab exercises using EX2000 hardware.</li> </ul>	E-I
<b>Mark V Control Maintenance – Advanced</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the knowledge required to properly maintain a Mark V Control to keep units available and reliable.</li> <li>• Provides hands-on, realistic and practical training.</li> <li>• Includes performing valve calibration, proper installation and calibration of instruments, forcing points and adjusting constants.</li> <li>• This course is not intended for customers with aero derivative applications.</li> </ul>	E-I
<b>Mark V Control Systems (with HMI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the essential elements of the Mark V turbine control system.</li> <li>• Includes instruction on the hardware and software components of the Mark V control system and its interface system (HMI), alarm troubleshooting, and LVDT calibration.</li> <li>• Includes practical exercises on Mark V equipment.</li> </ul>	E-I
<b>Mark V Control Troubleshooting – Advanced</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tests and sharpens troubleshooting and operations skills for the purpose of trip reduction and recovery, maintaining performance and availability.</li> <li>• Covers the fundamental skills of a control room operator and the skills of an experienced Mark V TA.</li> <li>• Addresses operating conditions from typical to extreme situations with realistic, practical, hands-on training.</li> <li>• This course is not intended for customers with aero derivative applications.</li> </ul>	E-I

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>Mark VIe Control Maintenance – Advanced</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• This completely hands-on course covers the knowledge required to properly maintain a Mark VI Control, keeping units available and reliable.</li> <li>• Builds on existing troubleshooting skills or those gained from the Advanced Mark VI Troubleshooting course.</li> <li>• Covers calibration, replacement, and determining probable causes of diagnostic alarms.</li> <li>• This course is not intended for customers with aero derivative applications.</li> </ul>	E-I
<b>Mark VIe Control Systems Introduction &amp; Intermediate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarizes students with the hardware and software components, provides detailed knowledge to troubleshoot and maintain the control system and associated equipment.</li> <li>• Includes training material derived from actual Mark VIe installed systems.</li> <li>• Lessons are followed by hands-on labs performed on an HMI computer programmed to simulate a turbine.</li> <li>• Progressively challenging labs provide the basics and build intermediate skills, including alarm and system troubleshooting.</li> </ul>	E-I
<b>Mark VIe Control Troubleshooting – Advanced</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tests and sharpens troubleshooting and operations skills for the purpose of trip reduction and recovery, maintaining performance and availability.</li> <li>• Covers the fundamental skills of a control room operator and the skills of an experienced Mark VIe Control TA.</li> <li>• Covers the procedures required to properly start and stop a unit, and to respond to different levels of alarms during operation.</li> <li>• Addresses following an alarm through using ToolboxST* software to find the singular field device that caused the alarm, and much more.</li> <li>• GE documentation will be taught and used throughout the course.</li> </ul>	E-I
<b>Woodward Control Systems - Operation, Maintenance &amp; Troubleshooting (Aero)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduces plant maintenance personnel to the Woodward MicroNet* and MicroNet Plus* turbine control systems.</li> <li>• Intended for participants with platforms that have CPUs with an Ethernet port(s) and do not have a 2-line display, course content includes the hardware layout of typical systems, from chassis to I/O cards to field termination modules.</li> <li>• Provides training on Graphical Application Programmer (GAP) software navigation.</li> <li>• Includes use of Woodward software tools to evaluate fuel control, sequence logic, and turbine-based alarms.</li> <li>• Includes discussion of control actuator and other I/O calibration procedures.</li> <li>• Provides general information on the operator interface (HMI).</li> </ul>	E-I
<b>LM2500 SAC/DLE Level 1 Maintenance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the skills required to perform Level 1 maintenance on the gas turbine.</li> <li>• Includes hands-on maintenance procedures, such as removal, adjustment, and replacement of external parts.</li> </ul>	M
<b>LM2500 Level 2 (Cold Section)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the skills required to perform Level 2 cold maintenance on the gas turbine.</li> <li>• Includes hands-on maintenance procedures, such as removal, inspection, and replacement of internal parts.</li> </ul>	M

Nombre del Curso	Resumen	Área
<b>LM2500 Level 2 Maintenance (Hot Section)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the skills required to perform Level 2 hot maintenance on the gas turbine.</li> <li>• Includes hands-on maintenance procedures, such as removal, inspection, and replacement of internal parts.</li> </ul>	M
<b>LM2500 Borescope Inspection</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Covers the procedures required to assess the operational condition of internal gas turbine components using borescope equipment.</li> </ul>	M
<b>Gas Turbine Maintenance - B,E,F,H Class Machines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Builds a firm understanding of the basic maintenance requirements of GE heavy duty gas turbines and their auxiliary support systems.</li> <li>• Provides a basic understanding of gas turbine configuration and construction, maintenance requirements, and inspection procedures.</li> </ul>	M

Baños de Agua Santa, 18 de septiembre de 2019

Ingeniera  
María Belén Ruales Martínez  
**Coordinadora FITIC**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
Presente. -

De mi consideración

Por medio del presente, en mi calidad de Gerente de la Unidad de Negocio CELEC EP TERMOGAS MACHALA – CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC E.P. Certifico que el señor: Alvarado Venegas Guillermo Alejandro con cédula de ciudadanía 0921974713, desarrolló su proyecto de tesis en la Unidad de Negocio Termogas Machala, con el tema **“PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TURBINAS TÉRMICAS MS6001 Y LM2500 ADSCRITA A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR E.P. TERMOGAS MACHALA EN LA EMPRESA CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOGAS MACHALA”**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento como a bien creyera conveniente.

Atentamente,



  
**Ing. Eduardo Barredo Heinert**  
**GERENTE**

**UNIDAD DE NEGOCIO TERMOGAS MACHALA**  
**EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA**  
**CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR – CELEC E.P.**