



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS  
PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE  
INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y  
PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP  
HIDROAGOYAN**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Córdova Vaca Roberto Alejandro

**Tutor:**

Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2020

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

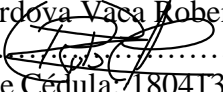
Yo, Córdova Vaca Roberto Alejandro declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGOYAN”, 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 24 días del mes de septiembre de 2020, firmo conforme:

Autor: Córdova Vaca Roberto Alejandro

Firma: ..........

Número de Cédula: 1804130514

Dirección: Tungurahua, Baños de Agua Santa, calle Oriente y 12 de noviembre

Correo Electrónico: alejandro-c-o@hotmail.com

Teléfono: 0960155937

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGOYAN” presentado por Córdova Vaca Roberto Alejandro, para optar por el Título de 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, 24 de septiembre del 2020




.....  
Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

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

Ambato, 24 de septiembre 2020



.....  
Córdova Vaca Roberto Alejandro  
180413051-4

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGOYAN”, 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.

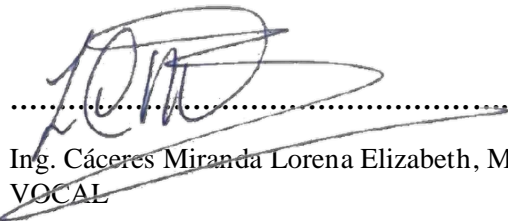
Ambato, 24 de septiembre de 2020



.....  
Ing. Sánchez Díaz Patricio Eduardo, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Tierra Arévalo José Marcelo, Msc.  
VOCAL



.....  
Ing. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth, Mg.  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A nuestro Dios padre y nuestra madre Virgen de Agua Santa por iluminar mi camino.

A mis padres Mónica y Mauro por estar a mi lado incondicionalmente, apoyarme en los momentos más difíciles y ser mi guía permanente en cada decisión tomada.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Comunicación de la Universidad Indoamérica.

A cada uno de mis docentes los cuales transmitieron sus conocimientos y ayudaron a mi formación académica, en especial a mi tutora la Ingeniera Marisol Naranjo por su excelente guía.

A CELEP – EP, especialmente al departamento del CIRT por el apoyo y la apertura para poder realizar mi trabajo de titulación

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| Portada.....   | i    |
| Autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total, y publicación electrónica del trabajo de titulación ..... | ii   |
| Aprobación del tutor.....  | iii  |
| Declaración de autenticidad.....   | iv   |
| Aprobación tribunal.....   | v    |
| Dedicatoria.....   | vi   |
| Agradecimiento.....  | vii  |
| Índice general de contenidos .....   | viii |
| Índice de tablas .....   | xi   |
| Índice de gráficos.....  | xii  |
| Índice de figuras .....  | xiii |
| Índice de anexos .....   | xiv  |
| Resumen ejecutivo.....   | xv   |
| Abstract.....  | xvi  |



## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Tema:.....                  | 1 |
| Introducción.....           | 1 |
| Antecedentes:.....          | 2 |
| Justificación:.....         | 4 |
| Objetivo general: .....     | 5 |
| Objetivos específicos:..... | 5 |

## **CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO**

|  |    |
|--|----|
| Diagnóstico de la situación actual. .... | 6  |
| Misión del CIRT .....                    | 7  |
| Visión.....                              | 8  |
| Área de estudio:.....                    | 14 |
| Modelo operativo:.....                   | 15 |
| Desarrollo del modelo operativo: .....   | 16 |

## **CAPÍTULO III PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Turbinas Hidráulicas..... | 20 |
| Turbinas de Acción.....   | 20 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Turbinas de Reacción.....         | 21 |
| Turbina Pelton.....               | 22 |
| Turbinas Francis.....             | 24 |
| Datos de la empresa.....          | 30 |
| Presentación de la Propuesta..... | 30 |
| Desarrollo.....                   | 30 |
| Resultados esperados.....         | 68 |
| Cronograma de Actividades.....    | 70 |
| Análisis de Costos.....           | 71 |

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Conclusiones: .....   | 73 |
| Recomendaciones:..... | 74 |
| Bibliografía .....    | 75 |
| Anexos.....           | 77 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Proyectos CIRT 2020 .....                                  | 31 |
| Tabla 2: Porcentaje planificado y ejecutado de proyectos CIRT ..... | 34 |
| Tabla 3: Actividades del Rodete.....                                | 37 |
| Tabla 4: Tiempo en porcentaje de las Actividades.....               | 39 |
| Tabla 5: Tiempo en días de las Actividades.....                     | 40 |
| Tabla 6: Tareas Predecesoras .....                                  | 42 |
| Tabla 7: Base de Datos control de Tiempo.....                       | 44 |
| Tabla 8: Tareas con tiempos de holgura.....                         | 47 |
| Tabla 9: Valoración e Indicador .....                               | 48 |
| Tabla 10: Indicador de semaforización. ....                         | 48 |
| Tabla 11: Método de Semaforización.....                             | 49 |
| Tabla 12: Tabla Resumen em base al tiempo.....                      | 51 |
| Tabla 13: Actividades y sus costos planeados.....                   | 52 |
| Tabla 14: Costos Planificados y Ejecutados.....                     | 54 |
| Tabla 15: Costo Ejecutado versus costo Planeado .....               | 55 |
| Tabla 16: Semaforización en costos .....                            | 58 |
| Tabla 17: Tabla resumen de Costos.....                              | 58 |
| Tabla 18: Simbología de Diagrama de Flujo.....                      | 60 |
| Tabla 19: Diagrama de Flujo de Procesos.....                        | 61 |
| Tabla 20: Valores de Importancia .....                              | 64 |
| Tabla 21: Importancia de Actividades en Riesgo.....                 | 65 |
| Tabla 22: Resumen de Riesgos.....                                   | 69 |
| Tabla 23:: Cronograma de Actividades.....                           | 70 |
| Tabla 24: Cronograma valorado.....                                  | 71 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1: Porcentaje de avances de los proyectos 2020..... | 36 |
| Gráfico 2: Riesgos en las Actividades.....                  | 51 |
| Gráfico 3: Porcentaje en Costos .....                       | 59 |
| Gráfico 4: Diagrama de Red de procesos de recuperación..... | 63 |
| Gráfico 5: Seguimiento en Tiempo .....                      | 66 |
| Gráfico 6: Seguimiento en Costo.....                        | 67 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Organigrama de la empresa.....              | 7  |
| Figura 2: Documentación de Proyectos .....            | 9  |
| Figura 3: Proceso de monitoreo y control .....        | 13 |
| Figura 4: Diagrama de Procesos.....                   | 14 |
| Figura 5: Modelo Operativo .....                      | 15 |
| Figura 6 : Turbina Pelton Fuente.....                 | 22 |
| Figura 7: Esquema de una Turbina Pelton.....          | 23 |
| Figura 8: Turbina Pelton vertical 6 inyectores .....  | 24 |
| Figura 9: Turbina Francis eje vertical.....           | 25 |
| Figura 10: Partes de una turbina Francis .....        | 26 |
| Figura 11: Descripción del Proyecto .....             | 27 |
| Figura 12: Diagrama de Red.....                       | 28 |
| Figura 13: Control de Cronogramas .....               | 28 |
| Figura 14: Planificación de la gestión de costos..... | 29 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1: Formato de la pieza Inspeccionada.....       | 78 |
| Anexo 2: Formato del requerimiento técnico.....       | 78 |
| Anexo 3: Formato tiempo de reparación.....            | 79 |
| Anexo 4: Formato alcance de la empresa.....           | 80 |
| Anexo 5: Formato control existente en la empresa..... | 81 |
| Anexo 6: Turbina Francis.....                         | 82 |
| Anexo 7: Turbina Francis área de maquinado.....       | 83 |
| Anexo 8: Turbina Francis inspección.....              | 84 |
| Anexo 9: Turbina inspección de calidad.....           | 85 |

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

**TEMA: “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGOYAN”**

**AUTOR:** Córdova Vaca Roberto Alejandro

**TUTORA:** Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

**RESUMEN EJECUTIVO**

Para el diseño de la metodología de control de procesos en el Centro de Investigación y Recuperación de turbinas y partes Industriales se realizó inicialmente un diagnóstico de la situación actual de la empresa; se identificaron los distintos controles que se realizan en los procesos, además se identificó que el control en el proceso de recuperación de turbinas se debe prestar la atención necesaria en todas las actividades que en este se desarrollan. Mediante los métodos de investigación de campo y documental, y la aplicación de la herramienta de gestión scoreboards se identificaron las variables que intervienen en el proceso, dichas variables se basan en tiempo y costo tanto planificado como ejecutado por la empresa. Se asigna a cada variable un indicador para el mejor manejo de la misma basándonos en la guía del PMBOK la cual ayudó en el manejo de la información y presentación de la misma. Los indicadores permitieron orientar a reducir el tiempo, así como el reducir el costo asociado. Se diseñó, un sistema de colores –semaforización– y la incorporación de rúbricas la cuales facilitan la identificación de las tareas retrasadas. Con estos aportes se obtuvo un control rápido del proceso de manera visual, así como la formalidad de los registros en los distintos formatos. La implementación de esta metodología se estima en un valor de tiempo de cinco meses y un costo de 1960. dólares. Se recomienda que la aplicación de esta metodología cumpla la planificación de implementación esto permitirá la toma de decisiones o mejorar a la metodología planteada.

**DESCRIPTORES:** control, indicadores, rúbricas, scoreboards.

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

**THEME:** DESIGNING OF A METHODOLOGY FOR THE CONTROL PROCESS ON THE RETRIEVAL OF HYDRAULIC TURBINES AT THE CENTER FOR RESEARCH AND RETRIEVAL OF HYDRAULIC TURBINES AND INDUSTRIAL PARTS (CIRT), IN THE PUBLIC COMPANY “CELEC- EP HIDROAGOYAN”

**AUTHOR:** Roberto Alejandro Córdova Vaca

**TUTOR:** Ing. Olga Marisol Naranjo Mantilla, Mg.

**ABSTRACT**

The designing of a methodology for the control process at the center for research and retrieval of hydraulic turbines, required from an initial diagnosis to address the current situation of the company. It is worth noting that, it was essential to identify the different control procedures due to the fact that eventually, it was found out that the control process on the retrieval of hydraulic turbines demands from specific attention when carrying out activities. The methodology applied in this study based on field and documental traits; furthermore, the management tool based on ‘scoreboards’ which played an important role when identifying the variables of the process. In this order, the mentioned variables focus on the period of time and cost in relation with the company. In this way, an indicator is assigned to each variable to improve its use; hence, the PMBOK guide allowed to effectively handle information. The indicators enabled to guide, reduce time and cost during the process. Besides, a distinction system based on colors, traffic-lights technique, assessment rubrics were promoted as they highly facilitated the process of identification of delayed tasks. After having worked on the above processes, not only effective control data was obtained, but it was also determined the standardized records on different formats. The estimated cost of the deployment of the methodology is about \$ 1960 and the estimated time for the implementation is 5 months. To conclude, it is recommended that the implementation of the mentioned methodology guarantees the fulfilment of planning and deployment stages as it allows satisfactory decision-making and the improvement on the proposed methodology.

**KEYWORDS:** control, indicators, rubrics, scoreboards.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Tema:**

“DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGOYAN”

### **Introducción**

Las turbinas hidráulicas en empresas hidroeléctricas son las partes más importantes para la generación de energía, a través de medios mecánicos que aprovechan el fluido que las atraviesa donde se forma un movimiento de rotación mediante un eje. (CELEC-EP, 2017)

La reparación de las turbinas hidráulicas es necesaria en toda empresa hidroeléctrica ya que son objetos que se deforman en el transcurso del tiempo por el trabajo a las cuales se encuentran sometidas, unas de las partes que más desgaste tiene son los álabes ya que al ser parte del rotor están en constante movimiento.

La hidroeléctrica Hidroagoyan consta con un Centro de Investigación de Reparación de Turbinas hidráulicas y partes industriales, la cual fue creada para un mejor estudio y una óptima reparación paso a paso y mejorar los resultados esperados en cada proceso que se realice.

El crecimiento de la industria energética, especialmente en las hidroeléctricas, hace que el mantenimiento en las turbinas hidráulicas sea a corto o mediano plazo, lo cual la recuperación de las mismas es de suma importancia, ya que si no se realiza no solo es una pérdida económica para la empresa si no para

el país que es favorecido por el servicio que ofrece las hidroeléctricas.  
(CELEC-EP, 2017)

“En la innovación hacia el desarrollo, el CIRT actualmente se encuentra realizando esfuerzos profundos para solventar la problemática que provoca el desgaste de los componentes, que es una condición que no se puede evitar desde que comienza su funcionamiento, sumados a esto el surgimiento de ciertos fenómenos como la cavitación, la erosión, las picaduras “pitting”, la corrosión; entre otros, que llevan a una disminución del periodo de sus componentes y que pueden comprometer la integridad del componente y en sí de la máquina (Turbina) por el surgimiento de defectos como las fisuras que son ocasionadas esencialmente por la fatiga del material” (CELEC-EP, 2017).

El departamento de Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas y partes Industriales (CIRT), quiere afrontar de una mejor manera el control que ha llevado a cabo hasta el momento de las distintas recuperaciones de turbinas que ha realizado en su establecimiento para dar una mejor seguridad y confiabilidad a las distintas empresas que piden prestado sus servicios.

“Para que se pueda determinar la factibilidad y fiabilidad de un proyecto de reparación o recuperación de un rodete deteriorado, es necesario aplicar y cumplir estrictamente con un plan de control y aseguramiento de la calidad.” (Ubilluz Garcés, 2019)

### **Antecedentes:**

Los trabajos de recuperación de las turbinas hidráulicas se realizaban en el exterior del país ya que la empresa no constaba con un centro de investigación preparado para la reparación de dichas turbinas, lo cual implicaba pérdidas económicas por el costo del envío de la turbina y la vez el tiempo que se demora la reparación significa que la hidroeléctrica no está en su funcionamiento óptimo, muchas veces por dichos eventos la empresa optaba por comprar nuevas turbinas donde los costos y las pérdidas económicas

umentaban de una manera considerable lo cual no era favorable para ninguna de las empresas que optaban por los servicios.

En el año 2017 en la empresa CELEC-EP Hydroagoyan inaugura el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas Hidráulicas y partes Industriales (CIRT) con la finalidad de reducir los costos y tiempos empleados para la reparación de las turbinas, pero a la vez para mejorar la calidad de la recuperación y que su periodo de operación sea el mayor posible.

Los trabajos de recuperación se realizan bajo normas internacionales, pero en la actualidad la empresa tiene como ausencia un control específico del proyecto que está ejecutando con indicadores específicos que permita evidenciar que el trabajo realizado está encaminado y que el tiempo que es empleado para la recuperación de la turbina es el óptimo y a la vez si el capital presupuestado inicialmente para reparación es el adecuado. (Ubilluz Garcés, 2019)

Actualmente en el CIRT no se puede descartar que consta de tecnología muy avanzada para la asistencia de sus procesos como el diseño asistido por computadora y la manufactura de igual manera, sin embargo no consta de un control completo para cada proceso, lo cual es un limitante durante la recuperación de las turbinas, no se han establecidos los indicadores correctos para llevar una vigilancia más adecuada tanto desde la inspección de la turbina ingresada que sería el punto de partida, hasta la finalización que consta en el área de control de calidad de la turbina reparada.

El CIRT no tiene el control necesario para seguir paso a paso o diagnosticar puntos clave en donde se debería tener un estudio más profundo el mismo que sería de ayuda para un desarrollo más continuo en el proceso de recuperación de las turbinas.

## **Justificación:**

El Centro de Investigación CIRT no consta con los indicadores específicos que se deben tomar en cuenta para poder tener un control más integrado de cada proceso que abarca la recuperación de las diferentes turbinas, lo cual la presente investigación es de suma **importancia** para detectar los factores a tomar en cuenta para un mejor desarrollo durante todo el proceso.

Para determinar la fiabilidad de este proyecto de reparación o recuperación de un elemento, componente, parte o zona deteriorada, se basa en el estricto cumplimiento de un plan de control y aseguramiento de la calidad, por esta razón se va a definir diferentes indicadores que permitirá tener un seguimiento más minucioso lo cual es de **utilidad** para la empresa en el seguimiento que se debe llevar en cada proceso.

Los **beneficiarios** al diseñar el sistema de control para los procesos de recuperación de las diferentes turbinas hidráulicas, no solo es directamente al Centro de investigación, también a la Central Hidroeléctrica Agoyán y a su vez a las diferentes hidroeléctricas en varios aspectos como son costos de reparación y tiempo de ejecución que es lo más importante al tratarse de generar energía en una central hidroeléctrica.

El **impacto** que puede ocasionar el presente proyecto a la empresa es muy amplio ya que al tener una herramienta que pueda diagnosticar las falencias en los diferentes procesos durante la recuperación de las turbinas es de mucha importancia para poder tomar decisiones más acertadas durante el proyecto en ejecución.

El Diseño que se propone es **factible** realizarlo ya que el Centro de Investigación está de acuerdo con el desarrollo del mismo tomando en cuenta que es una necesidad para la empresa como un punto de partida para mejorar aspectos que son considerados importantes durante el proceso de recuperación de turbinas.

**Objetivo general:**

- Diseñar una metodología para el control de procesos para la recuperación de turbinas en el Centro de Investigación y Recuperación de turbinas hidráulicas y partes industriales (CIRT) de la empresa pública CELEC – EP HIDROAGOYÁN.

**Objetivos Específicos:**

- Analizar la situación actual del proceso para conocer las deficiencias de la recolección de la información de desempeño mediante datos históricos del proceso
- Establecer los parámetros de control del proceso de recuperación de turbinas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas y partes Industriales (CIRT).
- Definir los scoreboards en base a los indicadores claves de desempeño.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual.**

El Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas Hidráulicas y partes Industriales CIRT, es un departamento que forma parte de la represa Hidroagoyan CELEP-EP, dicho centro de investigación fue inaugurado en el año 2017 con el objetivo de facilitar y economizar la reparación de los rodets y partes industriales de las diferentes hidroeléctricas y empresas privadas que necesiten de dicho servicio.

Un punto importante para fundar el Centro de Investigación es que antes se realizaba las reparaciones en el exterior lo cual los costos eran mas elevados desde el transporte de la pieza a reparar hasta la mano de obra que prestaban empresas externas.

Es importante mencionar que es el único centro de este tipo en el país que cuenta con la tecnología necesaria para realizar los procesos de recuperación de las turbinas y partes industriales, los servicios que ofrece la empresa están a la orden tanto para trabajos internos como externos de la misma.

Para entender un poco más como está conformado el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas y partes Industriales se presenta el organigrama de la empresa.

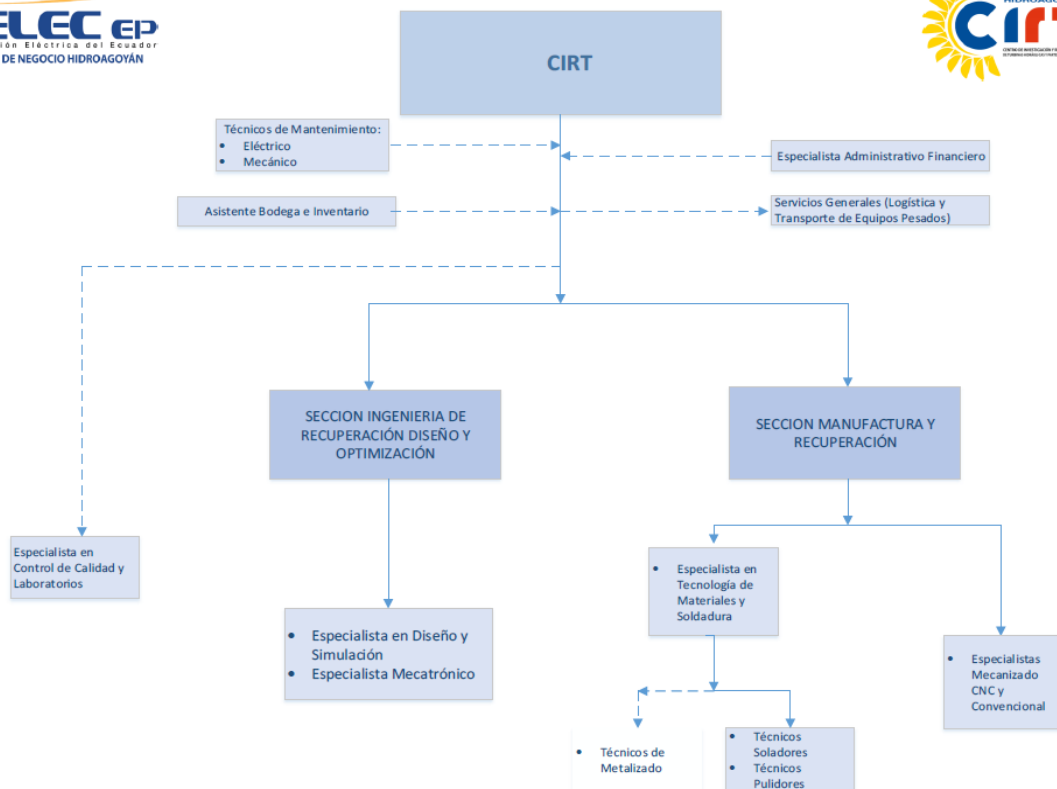


Figura 1: Organigrama de la empresa.  
Elaborado por: Roberto Córdova  
Fuente: (CELEC-EP, 2017)

Como se puede observar en la Figura 1 en cada área de trabajo está conformado por diferentes especialistas que se encuentran capacitados, con los conocimientos necesarios en realizar las actividades pertinentes en una recuperación de las distintas turbinas que son ingresadas en el CIRT, cada trabajador por más sea el mínimo del trabajo que se realiza dentro de la empresa esta empoderado totalmente con la misión, visión y objetivos de la empresa.

**Misión del CIRT:** Investigamos y desarrollamos soluciones para la reparación, mejoramiento y construcción de turbinas hidráulicas y partes industriales garantizando la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia en las piezas intervenidas, apoyándonos en altos estándares de calidad y eficiencia,

con el aporte de su talento humano comprometido y competente, actuando responsablemente con la comunidad y el medio ambiente. (CELEC-EP, 2017)

**Visión:** “Ser una empresa pública líder en la investigación, desarrollo, innovación y fabricación de turbinas hidráulicas y partes industriales para alcanzar la independencia tecnológica del Ecuador”. (CELEC-EP, 2017)

**Objetivos Corporativos:** “El CIRT tiene como objetivo general proponer al sector eléctrico, a la industria privada del país un servicio especializado, con equipamiento de última tecnología y personal joven plenamente capacitado. Y propiciar de esta manera uno de los objetivos del Gobierno que es la desagregación tecnológica”. (CELEC-EP, 2017)

En Centro de Investigación de recuperación de turbinas y partes Industriales consta de varias etapas en su proceso de recuperación los cuales están monitoreados de cierta manera para llevar a cabo un control de las actividades realizadas.

La empresa hace un listado de los proyectos que se van a realizar anualmente las cuales están en el portafolio en orden de prioridades ya sean proyectos internos o externos de la empresa, cada uno de los proyectos es designado a un jefe de proyecto el cual estará encargado desde el inicio hasta la entrega del producto finalizado, en este caso de la turbina reparada, la manera en que se maneja el portafolio de proyectos es la siguiente.



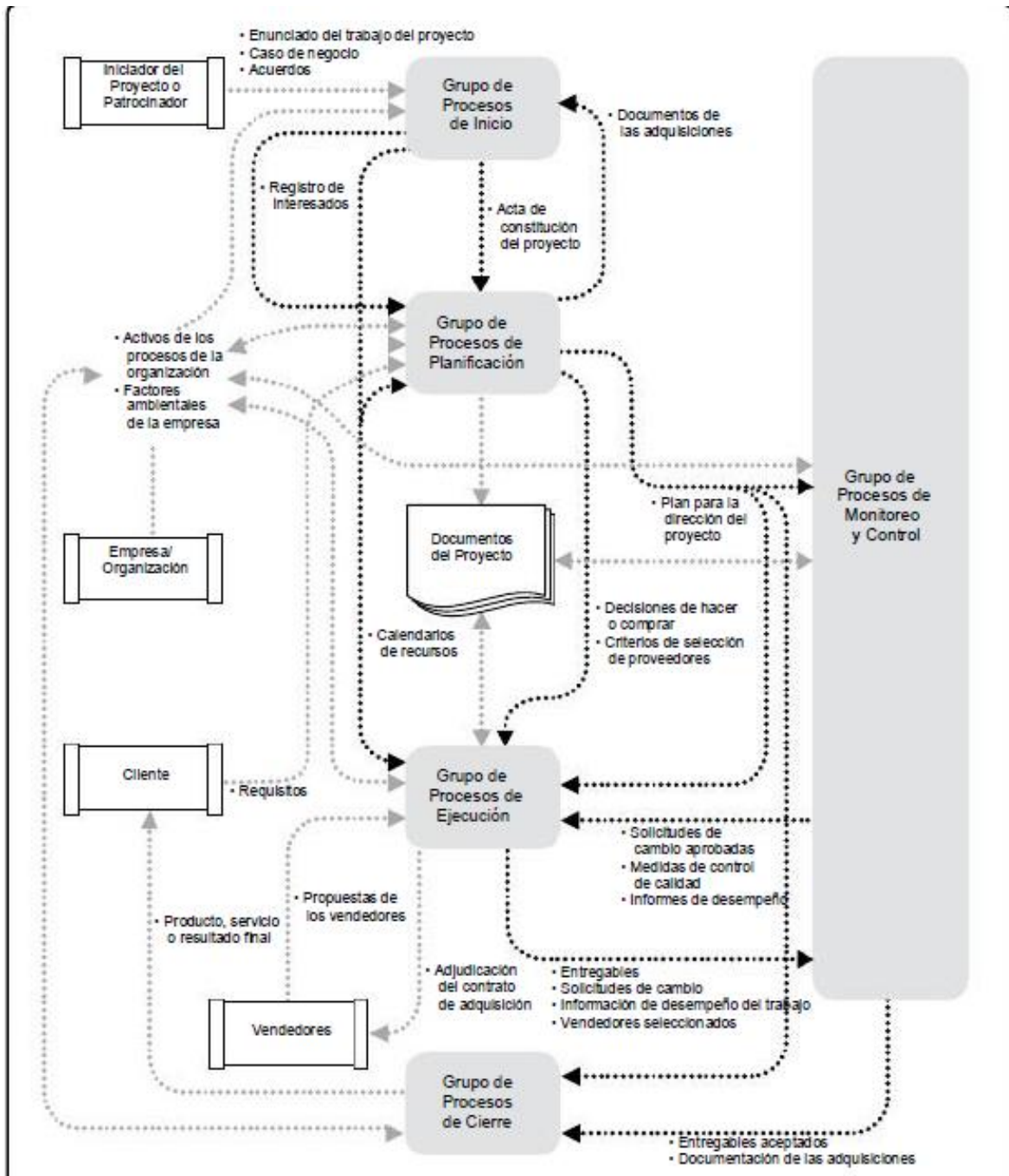


Figura 2: Documentación de Proyectos  
Fuente: (Ortiz, 2013)

La empresa para llevar el control se basa en los formatos PMI los cuales se dividen en cinco áreas de desarrollo: Proceso de Iniciación, Proceso de Planificación, Proceso de

Ejecución, Proceso de Seguimiento y Control, y Proceso de Cierre, en todos estos tipos de procesos la empresa no consta con los formatos para el control y la verificación que ellos necesitan especialmente referidos en el tiempo y en el gasto económico que se utiliza para cada proyecto planificado.

Una vez que el centro de investigación tiene claro los proyectos con los cuales va a trabajar en el periodo, los comienzan a evaluar especialmente a fijar parámetros como el tiempo que les tomará recuperar la turbina a reparar o el costo que se empleará para la misma, todo esto consta en los portafolios que contienen la información de cada uno de los proyectos.

Para tener más claro como la empresa maneja la información del proyecto al realizar y como se establece los límites de tiempos y costos se analiza paso a paso como se induce la información y se identifica lo que el proyecto tomara en tiempo y costo.

Inicialmente se realiza una inspección de campo hacia la empresa que requiere los servicios del Centro de Investigación, dicha inspección de campo tiene como objetivo recopilar los datos de la pieza que requiere el mantenimiento que es detallado en el Anexo 1.

Una vez analizado cada aspecto importante de la pieza que se desea recuperar se continua a considerar los requerimientos técnicos, que es lo que se necesita realizar y datos históricos de la pieza si aquella ya fue intervenida en el pasado y mencionar las observaciones que pueda ayudar para la recuperación que están establecidos en el Anexo 2

Una vez terminada la visita en la empresa que requiere los servicios y conocer el aspecto y actualidad del estado de la pieza a recuperar se analiza cada requerimiento que se necesita tomar en cuenta y se inicia a analizar de una manera más amplia la factibilidad del proyecto en donde se realizan varias pruebas de ensayos no destructivos (END), cada uno de ellos arroja información relevante para presupuestar y calcular el tiempo que se

demorara supuestamente la reparación de dicha pieza, para tener sustentada esta información se requiere de un formato establecido que se encuentra en el Anexo 3.

Aquí se llega a conocer ya un nuevo tiempo y costo más acercado a la realidad de lo que tomará paso a paso llegar a un resultado positivo luego de la reparación de la pieza mencionada.

Una vez realizado esos estudios pertinentes se establece el alcance del proyecto los objetivos y cada detalle que es de suma importancia para el progreso y una buena práctica en la parte del proceso de recuperación en donde se analiza varios parámetros que se presentan en el Anexo 4.

Todo lo mencionado anteriormente se puede decir que se crea la Estructura del Desglose del Trabajo (EDT), para poder tener un control y poder establecer el éxito del proyecto de esta manera la empresa mantiene presente el análisis de cada tarea que se va ejecutando mientras se vayan presentando.

Al empezar la recuperación de turbinas la empresa puede sufrir algunos inconvenientes como retraso en el proceso según el tiempo planificado inicialmente o utilizar más recursos de los esperados, al suceder esto la empresa no cuenta como identificar cuál de los proyectos puestos en marcha es el que necesita más atención para poder analizarlo de mejor manera y solucionar el inconveniente.

Si se llega a seleccionar un proyecto para poder analizarlo profundamente existen algunos parámetros que se debe tomar en cuenta, no hay una herramienta como evidenciar en que parte del proceso se da el inconveniente del retraso y poder diagnosticar el punto en donde deberíamos tomar un diagnóstico del proceso, tomando en cuenta esta deficiencia el Centro de Investigación les toma un poco más de tiempo el poder tomar decisiones.

El único formato que presenta la empresa en la actualidad para poder llevar un control en la parte del proceso de avance y costos de la empresa se resumen en dos formatos realizados en Excel en donde no se puede llevar un control específico o más minucioso de lo que de verdad la empresa debería tener para poder diagnosticar cada punto del

proceso y poder tomar énfasis en las tareas que necesiten más atención y poder controlar el presupuesto que no se extienda más de lo planeado a la vez del tiempo de recuperación que es de suma importancia para la empresa que inicialmente necesito del servicio.

Dichos formatos solo presentan una base del cronograma de costos y una base de avance en tiempo de la recuperación de la pieza, pero no tiene una correlación para su mejor interpretación, esos formatos se encuentran especificados en el Anexo5 para su mejor entendimiento

Al no existir este tipo de análisis ellos no pueden presentar un informe continuo del avance del proyecto, lo cual es muy importante sociabilizar el avance del mismo para dar a conocer el estado en el que se encuentra, si está dentro de los parámetros establecidos en la planificación, como es el costo que se estimó para la reparación y el lapso de tiempo en el que se programó para la finalización de proyecto.

Este tipo de informes deberían ser periódicos ya que por la magnitud del trabajo que se realiza al recuperar una turbina que entra menos tiempo se demore su reparación puede volver a su central de trabajo lo que significa generar no solo energía sino un ingreso económico significativo, si dicha turbina se retrasa más de lo esperado es pérdida económica para dicha central de trabajo, para conocer un poco sobre lo que se trata la recuperación de las turbinas se pueden revisar los Anexos 6-9.

El CIRT se caracteriza no por generar ingresos a la empresa si no por ahorrar y abaratar costos, al mencionar el abaratar costos no se relaciona con la calidad que se finaliza el proyecto si no con el cumplimiento de reparación en el tiempo establecido porque si existe algún retraso al realizar el proyecto es una pérdida económica para la empresa que contrato los servicios del centro de investigación y para el propio CIRT, por eso es de suma importancia establecer los indicadores para controlar estos parámetros ya que el CIRT es una empresa de confiabilidad y disponibilidad.

El Centro de Investigación adopta un grupo de procesos de la Dirección de Proyectos donde se vincula entre si con las salidas que producen, cada actividad es superpuesta que tienen lugar a lo largo del proyecto, la salida de cada proceso normalmente se convierte

en la entrada del siguiente proceso en donde se tiene una razón más donde se necesita monitorea el control de manera exhaustiva.

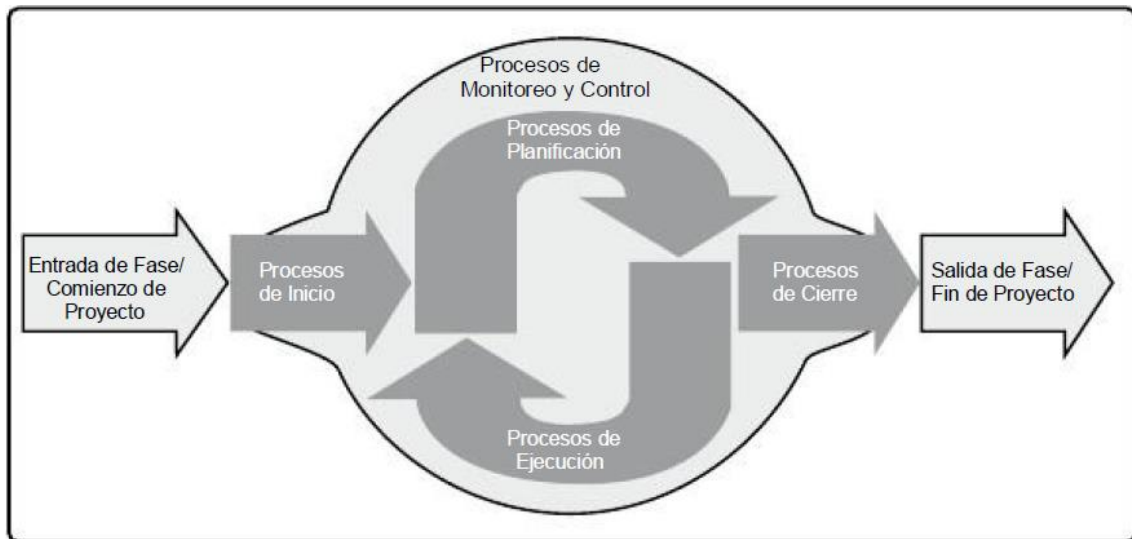


Figura 3: Proceso de monitoreo y control  
Fuente: (Ortiz, 2013)

El proceso de monitoreo y control se debe dar del inicio del proceso, la fase de planificación, el proceso de ejecución, hasta el cierre del proyecto para poder tener información sólida que si se tiene algún contratiempo poder actuar de manera inmediata y hacer los correctivos necesarios en cualquier etapa del proceso de recuperación.

En la actualidad la empresa cuenta con un diagrama de proceso donde nos indica las actividades en cada área de la empresa, se describe de una manera muy claro desde la visita in-situ que se realiza para diagnosticar el estado de la turbina a reparar para poder determinar si es justificada su reparación o se debería optar por comprar una nueva, se evalúa tanto en el riesgo económico al reparar y la calidad que obtendrá luego de la reparación si es la óptima para que siga operando en su lugar de trabajo.

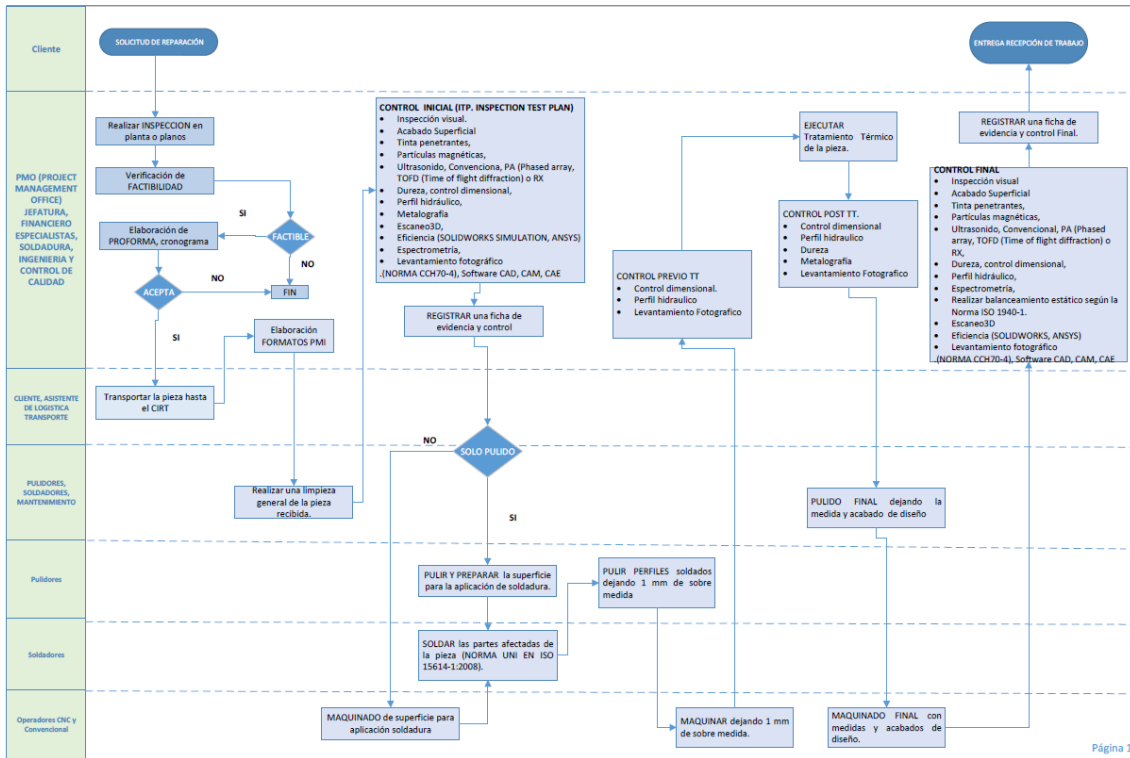


Figura 4: Diagrama de Procesos:  
Fuente: (CELEC-EP, 2017)

**Área de estudio:**

Dominio: Tecnología y Sociedad  
 Línea de Investigación: Empresarial y Productividad  
 Campo: Ingeniería Industrial  
 Área: Control de Procesos  
 Aspecto: Productividad  
 Objetivo de Estudio: Controlar el Proceso de Producción  
 Periodo de análisis: Marzo – agosto 2020

## Modelo operativo:

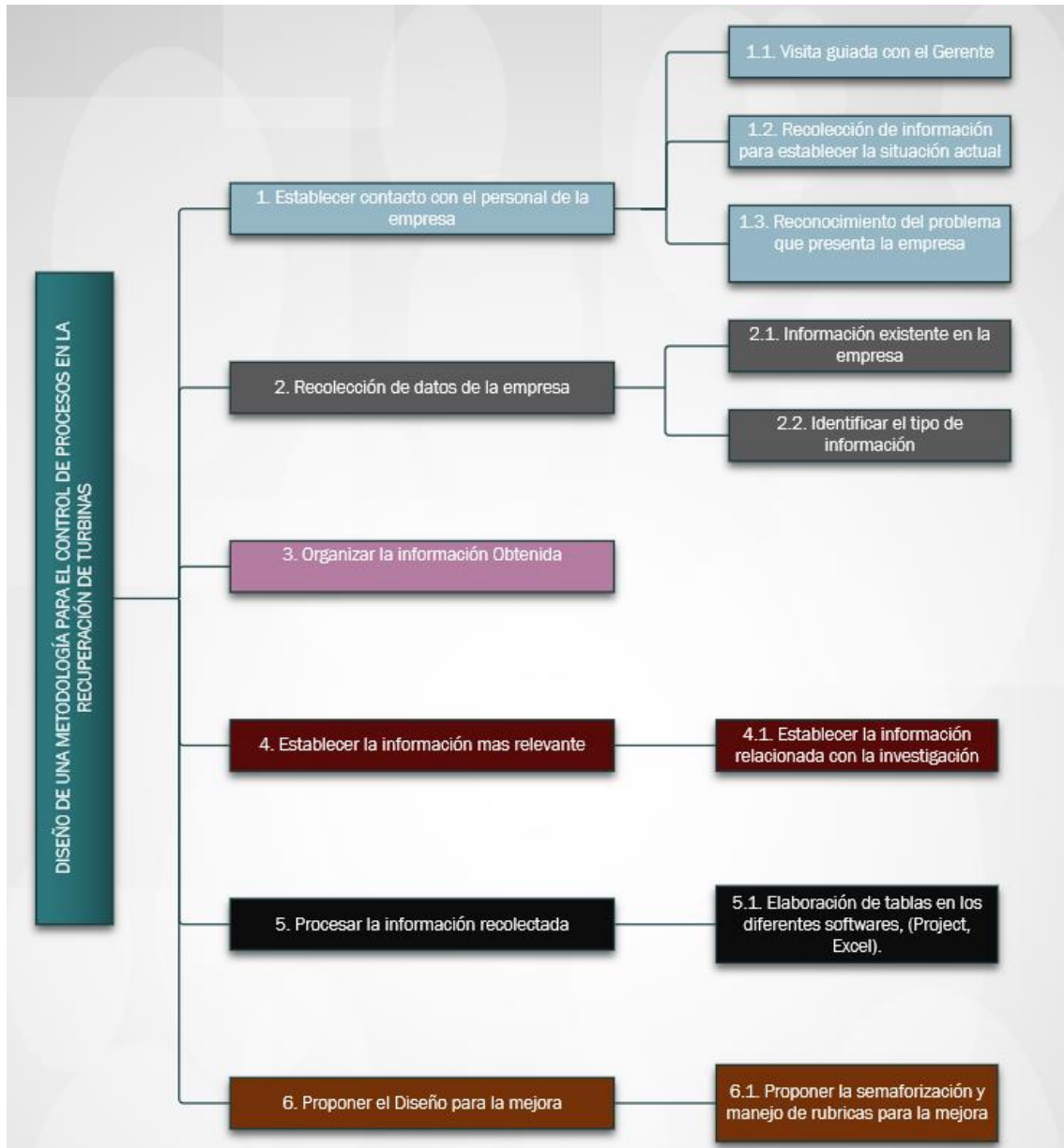


Figura 5: Modelo Operativo  
Elaborado por: Roberto Córdova

## **Desarrollo del modelo operativo:**

### **1. Establecer contacto con el personal de la empresa.**

Al iniciar el desarrollo del proyecto de tesis se hará un acercamiento con el personal de la empresa, especialmente con el área administrativa, para empezar a comprender lo que se realiza en el CIRT y poco a poco poder entender la actualidad por la cual la empresa está pasando.

#### **1.1. Visita guiada con el Gerente.**

Se establece comunicación en el jefe encargado del Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas Hidráulicas y partes Industriales (CIRT), ya que es la persona más apta para poder empezar el proyecto establecido y así poder comenzar con un análisis general e inicial de lo que se llegara a realizar en un futuro, a través de ir conociendo falencias o tareas que se deba pulir en el transcurso de la investigación.

Al estar en la visita guiada con el jefe encargado se hace un acercamiento con los diferentes jefes de los distintos proyectos los cuales dan a conocer la manera que cada proyecto es desarrollado y como llevan la información del progreso de los mismos, a la vez se realiza el acercamiento con los trabajadores de las distintas áreas los que mencionan como presentan su informe de avance y como se analiza el progreso de la actividad que están realizando al momento.

Al socializar con el personal tanto administrativo como operadores se llega a entender un poco más en donde se debe poner énfasis para establecer los criterios más acertados que serán de suma importancia para poder realizar el presente proyecto.

#### **1.2. Recolección de información para establecer la situación actual de la empresa.**

Una vez realizada la visita guiada pertinente con el jefe del CIRT y el personal de trabajo se comenzará con la recolección de información para conocer como está manejando la



empresa cuál es su modus operandi en las distintas áreas con las distintas tareas y como va recolectando y almacenando la información.

### **1.3. Reconocimiento del problema que presenta la empresa**

Al recolectar todo tipo de información se logra poco a poco reconocer ciertas fallas o pequeñas falencias que la empresa puede presentar, al ya tener un camino por donde debemos iniciar el desarrollo se debe inducir aún más el reconocimiento de cada acto que se está por realizar, para mejorar la manera de llevar y presentar el progreso en los proyectos que la empresa está ejecutando.

## **2. Recolección de datos de la empresa.**

Se comienza a recolectar la mayor información que la empresa nos puede ofrecer para empezar con el análisis de cómo se va a trabajar y de qué manera se debe actuar.

### **2.1. Información existente de la empresa.**

Se reconoce la información que ya maneja la empresa cual es la bibliografía con la que se maneja, los indicadores con los que trabaja, cual es el punto de vista en el manejo de información todo respecto a cómo la empresa labora a diario.

### **2.2. Identificar el tipo de Información**

Al tener todo tipo de información recolectada acerca de la empresa se procede a identificar cual es la información que nos ayudara en el proyecto planteado y cual no tiene mucha importancia.

## **3. Organizar la Información Obtenida.**

Se inicia con la organización de la información clasificarla por el tipo en que la recolectamos para que sea más fácil el análisis que se va a realizar en un futuro.

#### **4. Establecer la Información más relevante.**

Al filtrar varias veces la información que se fue obteniendo de la empresa se inicia con la identificación de dicha información que será la más relevante para la ayuda del desarrollo del proyecto.

##### **4.1. Establecer la Información relacionada con la investigación.**

Una vez seleccionada la información más relevante de la empresa se asimila cual es la que más se apega con lo que se quiere realizar, cual es el tipo de información que tiene más relación con los objetivos planteados la cual no ayudará a cumplirlos.

#### **5. Procesar la Información recolectada.**

Se comienza a relacionar la información recolectada en la empresa y fuera de ella para un mejor avance en el proyecto, para poder encaminar la mejora en la empresa y un mejor diseño del manejo de información.

##### **5.1. Elaboración de tablas en distintos softwares.**

Al tener todo ya procesado se realiza las tablas con toda la información que se utilizara en el proyecto que se está realizando, dichas tablas se ejecutaran en diferentes softwares para que se procese adecuadamente y se visualice de una manera clara y entendible así sea información de texto o gráfica.

Las primeras tablas a elaborar se realizarán en softwares tales como Project o Excel los cuales tendrán un estudio previo para su utilidad y mayor conocimiento ya que los dos programas nos brindarán la información con más relevancia. (PHILLIPS, 2011)

Una vez realizado todo este tipo de tablas se examina cada proyecto que al momento está ejecutando el Centro de Investigación y se da la selección del proyecto de mayor interés en el cual será propuesto para el diseño de una mejora.

## **6. Proponer el diseño de la mejora**

Al tener el proyecto seleccionado se trabaja completamente en él y se comienza con el diseño de la mejora, se propone al jefe encargado lo que se va a realizar y de qué manera se llegara al objetivo para que se esté de acuerdo en la manera que se va actuar y completar el diseño que por el momento está en propuesta.

### **6.1.Utilizar la información procesada para la ejecución del diseño**

En este punto del proyecto ya se debe utilizar todo lo obtenido anteriormente, cada detalle de la información obtenida tanto dentro de la empresa como la investigada en el exterior de ella, hacer énfasis en los indicadores que se fueron estableciendo en el transcurso del desarrollo del proyecto sumando a los que ya estaban establecidos en la empresa.

El diseño de la mejora debe tener el control necesario para el proceso de recuperación de las turbinas en el centro de investigación, lo cual se propone un sistema de semaforización y de introducir rúbricas lo cual facilite el diagnóstico en el tiempo de ejecución y el costo de cada tarea lo cual estos dos puntos claves nos ayuda a establecer un punto de control y diagnóstico para poder actuar de manera más inmediata y buscar una solución, de esta manera se dará el ahorro que la empresa ofrece a sus clientes y reforzar la confiabilidad que los caracteriza.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Para mejor entendimiento en el desarrollo de la propuesta en el proyecto se debe dar a conocer ciertos conceptos y criterios relacionados a la empresa y al trabajo que desarrolla en la misma que es la recuperación de turbinas y partes Industriales.

#### **Turbinas Hidráulicas.**

Para conocer un poco más sobre las turbinas hidráulicas se da una pequeña introducción y definiciones importantes.

Se define como una turbina hidráulica aquella máquina que transforma la energía hidráulica que es aportada por un fluido y que es incompresible en energía mecánica (Urbano Sánchez, 2013).

En una turbina el fluido en el momento de atravesar la máquina cede en el rotor, que es la parte móvil de la turbina que será aprovechado en el eje solidario obteniendo de esta manera la energía mecánica. Esta energía es transformada posteriormente en energía eléctrica mediante un alternador (Urbano Sánchez, 2013).

Se debe aclarar que las turbinas tienen cierta clasificación y esta puede ser de manera diversa, pero la clasificación más importante es la que se refiere a su funcionamiento y las clasifica en turbinas de acción y turbinas de reacción.

#### **Turbinas de Acción.**

Son aquellas que el agua da de un distribuidor el cual se encuentra anterior al rotor a una presión ambiente con la misma que llega al rotor, en este tipo de turbinas toda la energía potencial del salto es transmitida al rotor en forma de energía cinética. La turbina que es más representativa de este tipo es la turbina Pelton, aunque se pueden mencionar otro tipo de turbinas que casi no son utilizadas como las Michell y Turgo. (Urbano Sánchez, 2013).

Una de las características fundamentales de este tipo de turbinas es que al pasar el fluido por la rueda entra en contacto con la atmósfera y toda aquella energía de presión se transforma en energía cinética, el fluido llega al rodete solo por un punto por lo que se menciona que es de admisión parcial.

### **Turbinas de Reacción.**

Las turbinas de reacción son aquellas que el agua sale de un distribuidor con una presión manométrica que a la vez es positiva que se va perdiendo a al momento de pasar por el rotor que al salir dicha presión manométrica es nula y muchas veces incluso negativa, por lo que se puede deducir que en este rodete se intercambia tanto energía cinética y energía de presión una de las turbinas más representativas de este tipo son las turbinas Francis, Kaplan, Bulbo.

Es este tipo de turbinas el fluido cede a la máquina tanto energía cinética como energía de presión, para diferenciar de las turbinas de acción es importante mencionar que el fluido llega al rodete por toda la periferia lo que se menciona que es una turbina de admisión total.

Los dos tipos de turbinas son utilizadas según la situación, las turbinas de acción son ocupadas cuando se presentan grandes saltos y caudales pequeños con velocidades bajas, por eso son instaladas cerca a los nacimientos de los ríos donde las fuertes pendientes permiten obtener grandes desniveles mientras que su caudal es pequeño. En este tipo de centrales hidroeléctricas son de agua acumulada y suelen disponer de derivación de bastante longitud para generar el salto neto necesario.

Por otro lado, las turbinas de reacción son utilizadas por un rango amplio de altura y caudales. Las centrales hidroeléctricas con turbinas de reacción se sitúan en la zona media o al final de los cauces del río a la vez disponen de una derivación más cortos que los caudales con turbinas de acción y en algunas veces carecen de ellos totalmente.

Al conocer más sobre el tema de turbinas hidráulicas se va a describir unas generalidades de dos de las turbinas que más son reparadas en el CIRT, una de ellas es una turbina de

acción que es una turbina Pelton y la otra una turbina de reacción que es una turbina Francis.

### **Turbina Pelton.**

Son denominadas de impulsión y de chorro libre que se acomodan a la utilización de saltos de agua con un desnivel alto y caudales pequeños con un margen de empleo entre 60 y 1500m y de esta manera consiguiendo un rendimiento máximo del 90%.

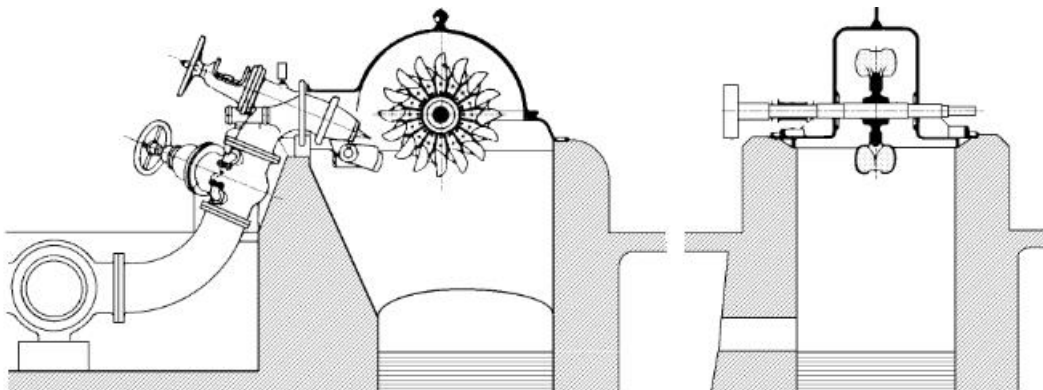


Figura 6 : Turbina Pelton  
Fuente: (Urbano Sánchez, 2013)

Las partes de una turbina Pelton son las siguientes:

- Rotor
- Álabes
- Deflector
- Inyector
- Aguja
- Mecanismo de Regulación
- Tubería de alimentación
- Contra chorro

Los elementos fundamentales de una turbina Pelton consta son un distribuidor denominado inyector (formado por una tobera y regulado por una aguja) y el rotor.

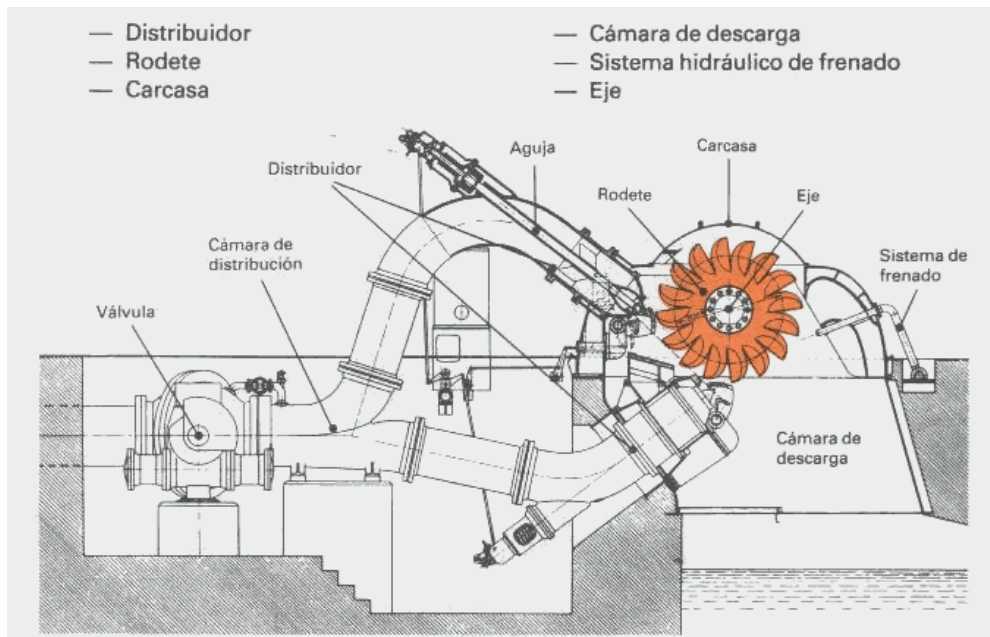


Figura 7: Esquema de una Turbina Pelton.  
 Fuente: (Urbano Sánchez, 2013)

Las turbinas Pelton se pueden disponer de manera vertical u horizontal lo que sería su clasificación, cuando se dispone de un solo inyector el rodete tiene el giro de manera horizontal, cuando el número de inyectores es dos la turbina también puede ser de eje horizontal, pero cuando el número de inyectores es mayor la rueda Pelton ya se dispone de manera vertical ya que si estuviera de manera horizontal es imposible evitar que el agua caiga sobre la rueda de salida

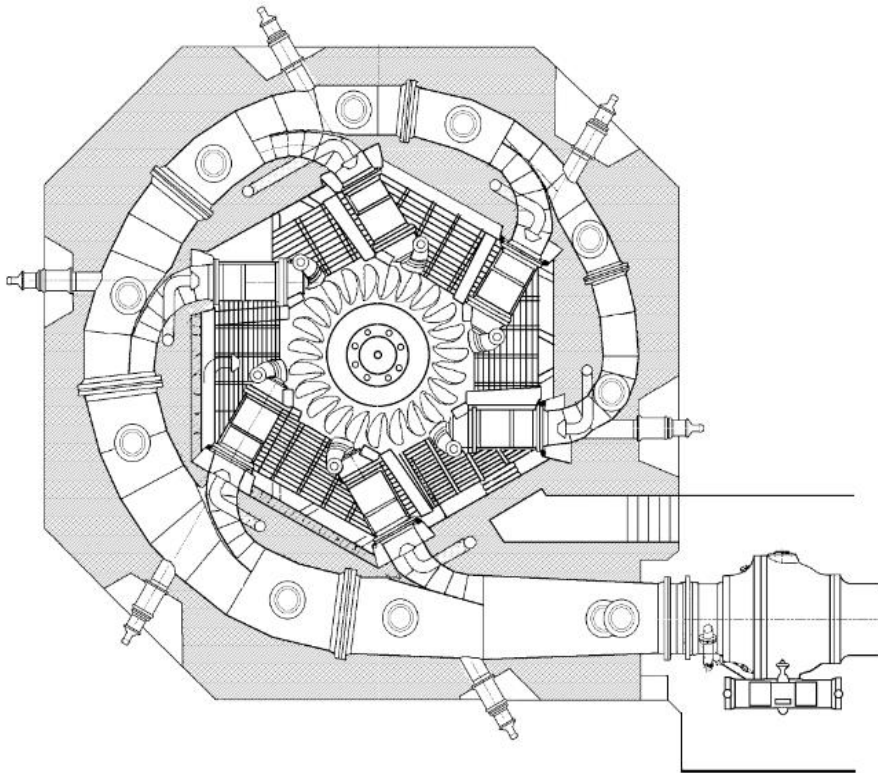


Figura 8: Turbina Pelton vertical 6 inyectores  
Fuente: (Fernández Díez, 2014)

### **Turbinas Francis.**

Estas turbinas son de tipo radial, admisión centrípeta y tubo de aspiración, siempre se construyen en condiciones de rendimiento máximo dando lugar a tres tipos fundamentales lentas, normales y rápidas, lo que se diferencia en cada uno de ellas es la forma que tiene el rodete (Fernández Díez, 2014).

Se puede recalcar de este tipo de turbinas son las más frecuentes de la manera que cubren la gama de alturas netas y las potencias que son consideradas las más usuales.

Existen diferentes tipos de clasificación para estas turbinas unas dependen de la forma que tiene el rodete, el tipo de instalación, el número de flujo, la manera que se dispone el eje y la altura del salto, pero al ser tan extensa su clasificación podemos mencionar la más



importante que es la velocidad específica del rodete que cuyas revoluciones dependen directamente de la característica del salto.

- Turbina Francis lenta: las cuales corresponden a saltos de gran altura (200m o más).
- Turbina Francis normal: los cuales se relacionan a alturas medias, (entre 200 y 20 m).
- Turbinas Francis rápidas y extra rápidas: que son los saltos de menos altura, (menos de 20m).

Ya antes mencionado tenemos la clasificación de la turbina Francis que depende según la disposición del eje el cual puede ser de manera vertical u horizontal, los dos tipos de disposiciones tiene sus ventajas y desventajas, pero lo más notable de ellas es que la disposición vertical se impone en las grandes potencias y las turbinas dispuestas de manera horizontal da una mayor accesibilidad del rodete.

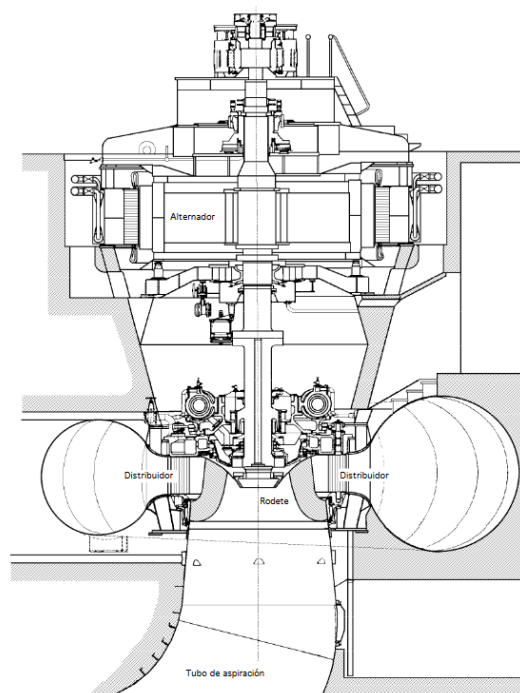


Figura 9: Turbina Francis eje vertical  
Fuente: (Fernández Díez, 2014)

Los componentes más importantes de la turbina Francis tomando como referencia la circulación del agua son los siguientes:

- Cámara Espiral
- Rodete
- Tubo de Aspiración
- Álabes fijos
- Álabes Directrices
- Tubo de succión

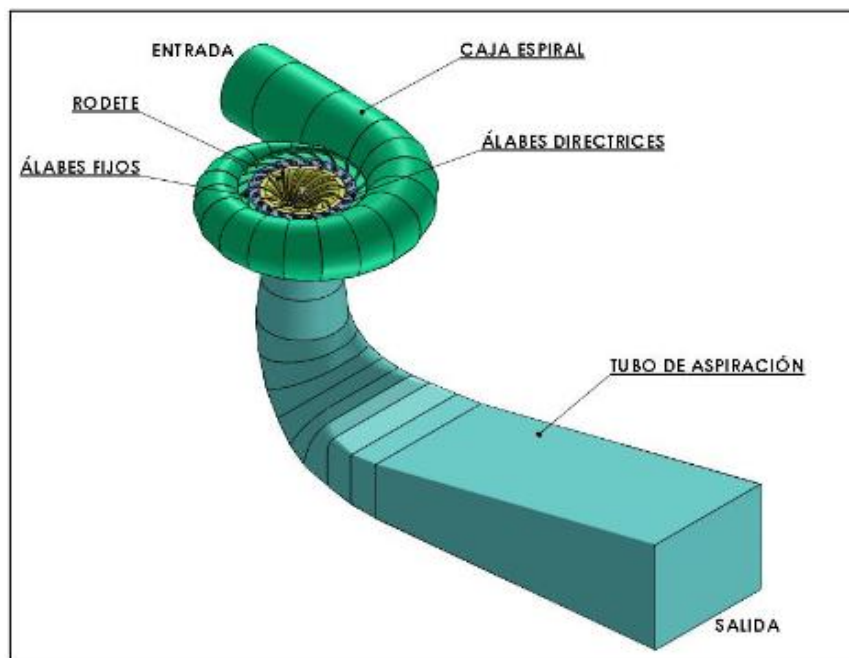


Figura 10: Partes de una turbina Francis

Fuente: (CELEC-EP, 2017)

Una vez mencionado las turbinas más comunes que son ingresadas al CIRT para su respectiva recuperación y hacer énfasis en sus características principales ventajas y propiedades debemos tomar en cuenta como la empresa se ha guiado para el control del proceso en los mencionados trabajos de recuperación.

El Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas Hidráulicas y partes Industriales se han guiado en varios formatos relacionados a PMBOK para el monitoreo y control de mismo estableciendo formatos.

Unos de los aspectos importantes que se tomó en cuenta en el presente proyecto en la gestión de tiempo del proyecto donde al relacionar los procesos requeridos en este caso para la recuperación en las turbinas se establece un plazo de entrega del proyecto el cual debe ser controlado y monitoreado para que no exista ningún percance en el transcurso de los procesos.

Una de las maneras para tener un control en el aspecto al tiempo es realizar un cronograma del proyecto detallando el mismo.

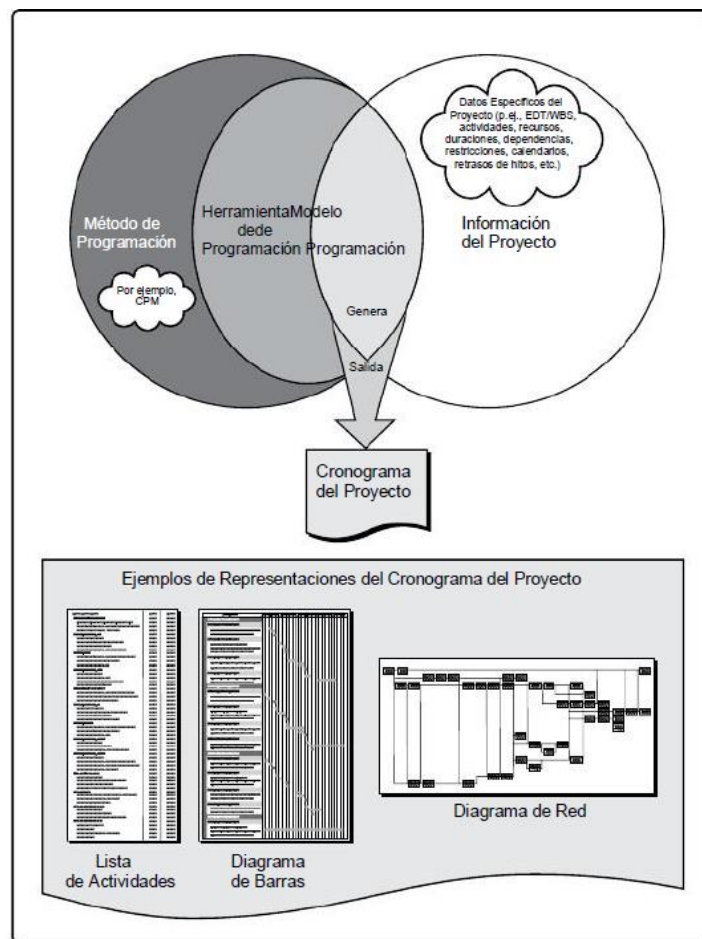


Figura 11: Descripción del Proyecto  
Fuente: (Ortiz, 2013)

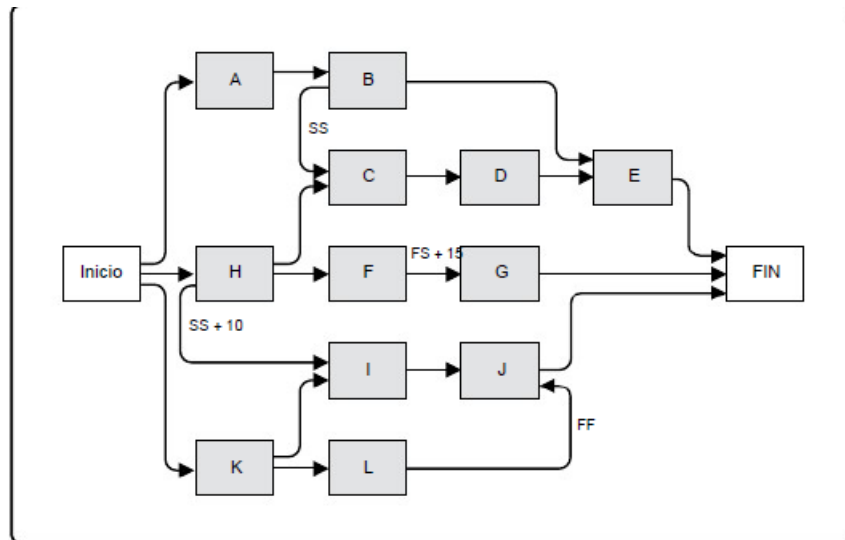


Figura 12: Diagrama de Red  
Fuente: (Ortiz, 2013)

Una vez establecido los detalles del proyecto y plasmado en un cronograma se debe buscar la manera de monitorear el estado de actividades para ir actualizando el avance y poder actuar al instante si la línea base del cronograma no se está cumpliendo según lo establecido inicialmente, existe varias maneras de realizar esta actividad tomando en cuenta las entradas, herramientas y salidas que se pueda optar.

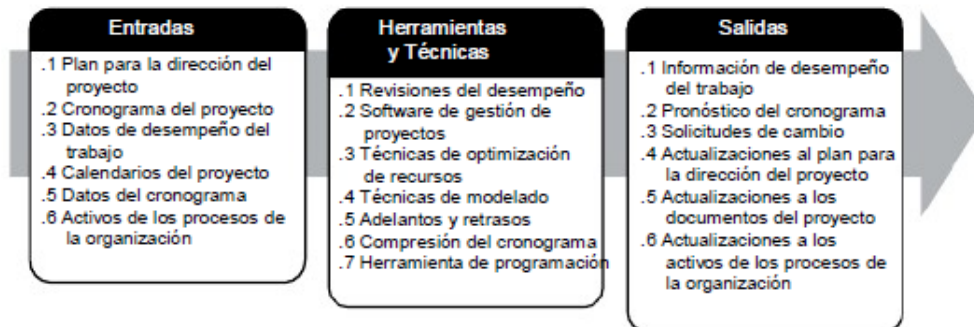


Figura 13: Control de Cronogramas  
Fuente: (Ortiz, 2013)

De la misma manera como se controla y monitorea el tiempo en un proyecto se debe hacer con los costos para que este no sobrepase del monto que se haya establecido en la planificación del proyecto y tener de la misma manera un control a lo largo del proyecto hasta ser finalizado.

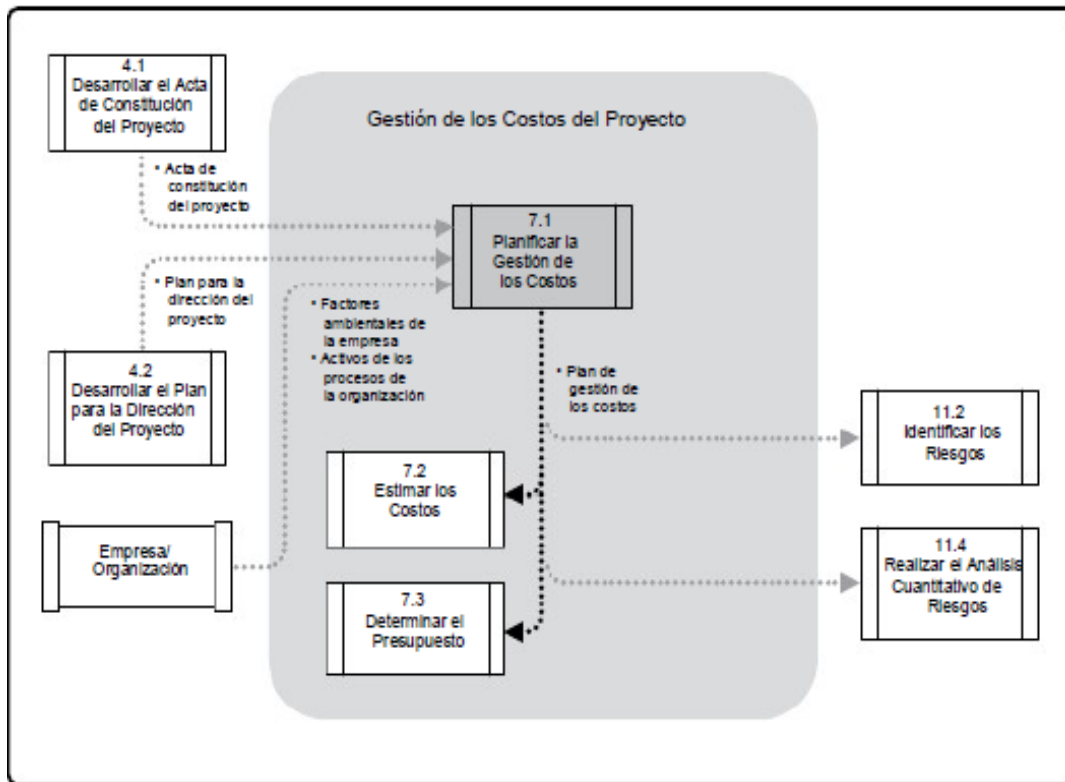


Figura 14: Planificación de la gestión de costos.

Fuente: (Ortiz, 2013)

## **Diseño de la Metodología para el control de procesos en la recuperación de turbinas.**

### **Datos de la empresa.**

Empresa: CIRT

Provincia: Tungurahua

Cantón: Baños de Agua Santa

Dirección: Km. 5<sup>1/2</sup> vía al Puyo

Beneficiarios: Empresa de generación eléctrica.

El mencionado Centro de Investigación presta sus servicios para realizar la recuperación de turbinas de las distintas hidroeléctricas y empresas independientes en el país facilitando y abaratando costos por dichas reparaciones, contando con la tecnología necesaria y de última generación en la elaboración de cada uno de sus procesos cumpliendo las diferentes normas.

Cuenta con varias áreas en su estructura funcional e infraestructura cada una de ellas con la implementación de equipos necesarios para los procesos de recuperación, manufactura, mecanizado, metrología, control de calidad y ambiente cada uno de estos detalles forman parte de los objetivos de la empresa que han sido planteados por CELEC EP la Unidad de Negocios de Hidroagoyán.

## **PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **Desarrollo.**

Se inicia con la propuesta para el control y monitoreo de procesos de recuperación de turbinas tanto en el tiempo y costo que se direccionan para cada proyecto que ingresa en el Centro de Investigación, como punto de partida se establece el reconocimiento de cómo la empresa selecciona los proyectos a trabajar identificando si dicha turbina a recuperar es factible o no realizarla.

Para poder establecer si el proyecto a realizar es factible la empresa hace una visita in-situ al sitio de trabajo donde dicha turbina está en funcionamiento, hacen una inspección inicial donde el objetivo es saber si la turbina se puede recuperar o no, hay parámetros los cuales ayudan a tomar esta decisión uno de los principales es saber cuál será el costo que tomará llevar ese proyecto, si el costo excede a cierto porcentaje del precio total de la turbina el proyecto no es factible para ejecutarlo ya que lo mejor sería obtener una turbina totalmente nueva.

Otro parámetro en tomar en cuenta es el tiempo que llevará la recuperación de dicha turbina ya que uno de los puntos importantes del CIRT es el ahorro que ellos pueden brindar a sus clientes entre más rápido se realice el proyecto más ahorro se presenta en la empresa que presta los servicios del centro de investigación.

De esta manera se van seleccionando los proyectos que se irán trabajando durante el periodo que la empresa elija, se identificarán cuales con los de mayor importancia o urgencia para establecer un cronograma con fechas planificadas de inicio y entrega de dicha turbina.

Cada proyecto seleccionado es archivado en la empresa formando un portafolio del mismo donde se asigna el jefe de proyecto cual será el encargado de supervisar que el trabajo sea llevado de la mejor manera y vaya a la par de lo planificado, para que de esta manera se presente un informe de avance cada cierto tiempo que la empresa lo necesite.

Para tener un punto de partida de la propuesta del diseño del control de procesos en la recuperación de turbinas se debe conocer los diferentes proyectos que el centro de investigación ya accedió a realizar en el año 2020 los cuales se encuentran aprobados y muchos de ellos ya se están ejecutando, dichos proyectos los podemos evidenciar en la Tabla 1.

Tabla 1: Proyectos CIRT 2020

| # | PROYECTOS A REALIZAR EN EL AÑO 2020  | Comienzo   | Fin         |
|---|--|------------|-------------|
| 1 | Reparación de juego N°1 de boquillas y deflectores de inyector Central Coca Codo U.N CCS | mié 1/1/20 | mar 28/1/20 |

|   |   |             |              |
|---|---|-------------|--------------|
| 2 | Inspección de desgastes con escáner 3D en 7 unidades de generación de la Central Molino U.N.HPA | lun 17/2/20 | vie 18/12/20 |
| 3 | Reparación de rodete Pelton Central Pucará U.N. HAG   | mié 1/1/20  | mié 1/4/20   |
| 4 | Reparación de rodete Pelton N°2 Central Coca Codo U.N. CCS                                      | mié 1/1/20  | mar 19/5/20  |
| 5 | Reparación de juego de 20 álabes directrices Central Agoyán U.N. HAG                            | lun 3/2/20  | vie 19/6/20  |
| 6 | Reparación de juego N°2 y 3 de boquillas y deflectores de inyector Central Coca Codo U.N. CCS   | lun 2/3/20  | jue 30/4/20  |
| 7 | Reparación de tapa inferior Central Agoyán U.N. HAG   | lun 2/3/20  | vie 3/7/20   |
| 8 | Reparación de rodete Francis Central San Francisco U.N. HAG                                     | lun 2/3/20  | vie 25/9/20  |
| 9 | Reparación de rodete Francis Central Agoyán U.N. HAG  | lun 16/3/20 | lun 28/12/20 |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova.

Como se puede observar en la Tabla 1 están identificados los diferentes proyectos que el Centro de Investigación tiene planificado para el año 2020 cada uno de ellos ha sido ya analizado previamente para dar a conocer si es factible realizar la recuperación de la turbina.

Al ver que la recuperación es viable se establece un tiempo de inicio y fin para la ejecución del proyecto, esto se realiza tomando en cuenta las actividades que se van a realizar en cada uno de ellas y el grado de dificultad que se tiene.

Es importante mencionar que no en todas las turbinas se realiza el mismo procedimiento para su recuperación y restauración, se hace un estudio para determinar las tareas que se llevaran a cabo de ahí es donde se toma un tiempo estimado para el trabajo a realizar.



La fecha de comienzo y fin establecidas es lo que se desea cumplir a cabalidad si el tiempo de recuperación es menor al establecido en el mejor de los casos la empresa tendría un ahorro aun mayor de lo pensado, pero si este escenario se presenta de manera contraria vendría a ser una pérdida para ambas empresas tanto a la que presta sus servicios en este caso el CIRT y la empresa que solicita dicho servicio.

Al conocer cada uno de esos detalles se realiza un estudio hasta la fecha para poder evidenciar el estado actual del proceso de recuperación de cada turbina que el CIRT se encuentra empleando, dicha información se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2: Porcentaje planificado y ejecutado de proyectos CIRT

| Proyectos 2020  | % completado | % Planificado | Duración    | Comienzo    | Fin          |
|---|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| Reparación de juego N°1 de boquillas y deflectores de inyector Central Coca Codo U.N CCS        | 100%         | 100%          | 20.13 días  | mié 1/1/20  | mar 28/1/20  |
| Inspección de desgastes con escáner 3D en 7 unidades de generación de la Central Molino U.N.HPA | 100%         | 69.88%        | 220.13 días | lun 17/2/20 | vie 18/12/20 |
| Reparación de rodete Pelton Central Pucará U.N. HAG   | 35%          | 100%          | 66.13 días  | mié 1/1/20  | mié 1/4/20   |
| Reparación de rodete Pelton N°2 Central Coca Codo U.N. CCS                                      | 75%          | 100%          | 100.13 días | mié 1/1/20  | mar 19/5/20  |
| Reparación de juego de 20 álabes directrices Central Agoyán U.N. HAG                            | 20%          | 100%          | 100.13 días | lun 3/2/20  | vie 19/6/20  |
| Reparación de juego N°2 y 3 de boquillas y deflectores de inyector Central Coca Codo U.N. CCS   | 50%          | 100%          | 44.13 días  | lun 2/3/20  | jue 30/4/20  |
| Reparación de tapa inferior Central Agoyán U.N. HAG   | 40%          | 100%          | 90.13 días  | lun 2/3/20  | vie 3/7/20   |
| Reparación de rodete Francis Central San Francisco U.N. HAG                                     | 48%          | 95.80%        | 150.13 días | lun 2/3/20  | vie 25/9/20  |
| Reparación de rodete Francis Central Agoyán U.N. HAG  | 15%          | 64.92%        | 206.13 días | lun 16/3/20 | lun 28/12/20 |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Para tener un detalle más amplio y más detallado de cada proyecto que se va a realizar en el CIRT se creó la Tabla 2 que a más de tener la fecha de inicio y fin planificado presenta un porcentaje planificado que está basado en la fecha, número de días que tomara la turbina en restaurarse, al evidenciar este porcentaje versus el porcentaje completado se nota claramente que hay una gran diferencia de valores lo cual afectaría no solo el tiempo de entrega si no a la vez el costo del proyecto ya que es directamente proporcional al tiempo de ejecución.

Al observar los porcentajes planificados y completados según las fechas propuestas al inicio se puede decir que el control en avance del proyecto no está siendo el correcto ya que si tomamos de referencia a uno de los proyectos mencionados en la tabla 2 como puede ser “La recuperación del rodete Francis de la Central Agoyán” se nota claramente que debería estar completado un 64,92% del proyecto pero hasta la actualidad tenemos un 15% lo cual evidencia un retraso considerable a su vez se puede decir que puede ser pérdida para la empresa.

Un punto muy importante de mencionar es la pandemia la cual el mundo está atravesando que ha afectado en todos los ámbitos y en este caso no es la excepción ya que al exigirnos entrar en una cuarentena la empresa no pudo laborar, tras pasar cierto tiempo el personal de trabajo laboraba en un menor porcentaje para que sus proyectos no se retrasen a un punto crítico, por esta razón y medidas de bioseguridad es que esta y muchas más empresas no han laborado en su máximo porcentaje. Para que sea un poco más gráfica la representación del retraso en cada uno de los proyectos según la fecha establecida de inicio a fin se la detalla en la Gráfico 1.

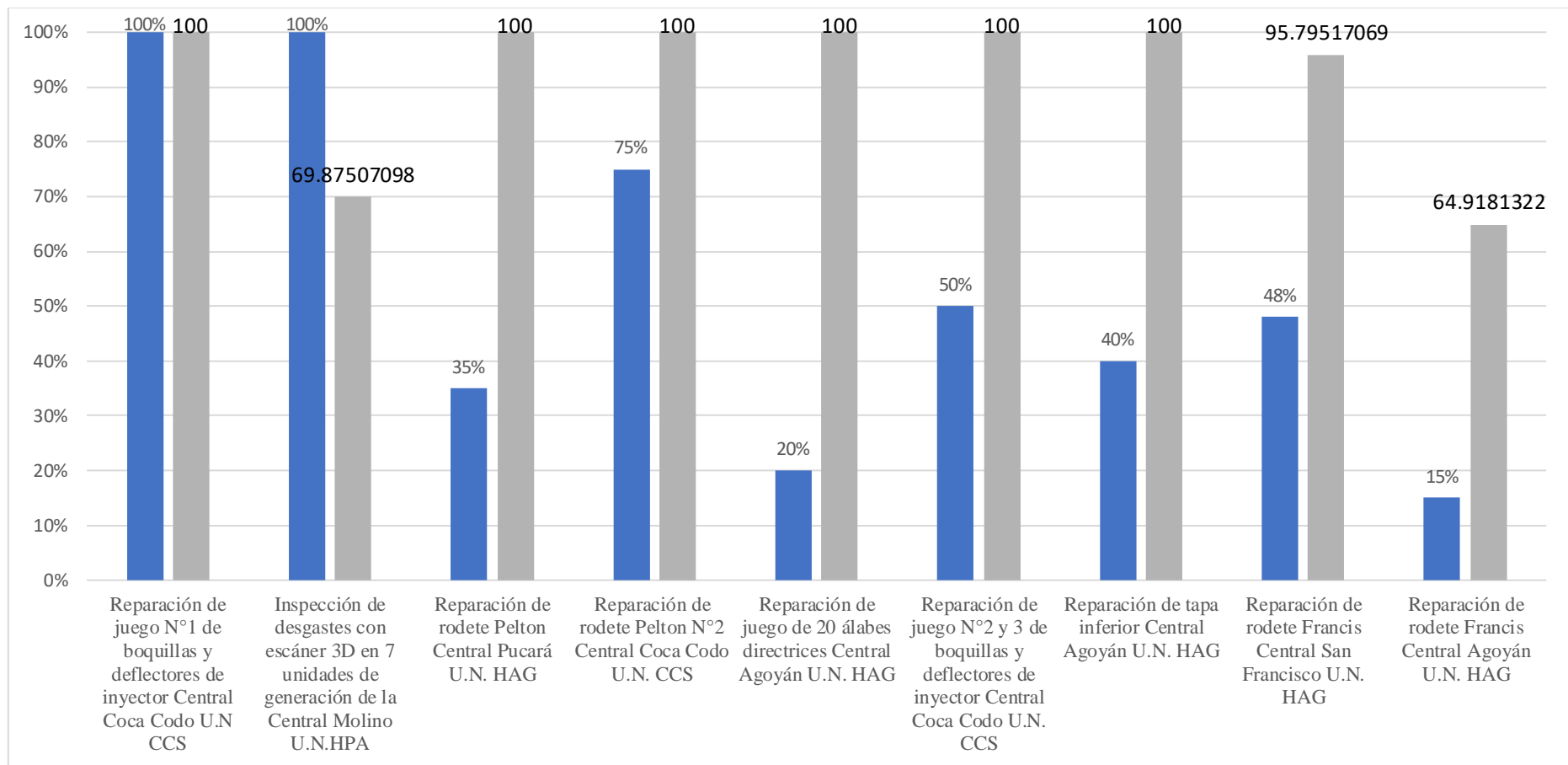


Gráfico 1: Porcentaje de avances de los proyectos 2020  
 Elaborado por: Roberto Córdova

Al evidenciar el Gráfico 1, se distinguen las barras de porcentajes tanto planificado como completado de cada uno de los proyectos que se realizan en el CIRT.

Una vez evidenciado el retraso de los diferentes proyectos que el centro de investigación está realizando se enfocara el diseño de control en uno de ellos el cual cumpla con la mayor cantidad de tareas para un mejor estudio y entendimiento, también se seleccionara por la importancia que representa para la empresa.

El proyecto a analizar de una manera más exhaustiva es la “Reparación de rodete Francis de la Central Agoyán” en donde se da a notar un retraso casi del 50% del avance planificado, nos enfocaremos en el tiempo total del proyecto y el tiempo de cada tarea que contiene el proyecto con el inicio y fin de cada uno de ellos, de la misma manera el costo por tarea y total del proyecto.

Al ser seleccionado este proyecto como se mencionó anteriormente cada uno de ellos tiene tareas diferentes por lo cual como primer paso se debe identificar las tareas que fueron establecidas para la reparación de este Rodete Tipo Francis.

Tabla 3: Actividades del Rodete

| <b>REPARACIÓN DE RODETE FRANCIS CENTRAL AGOYÁN U.N. HAG</b> |   |
|---|---|
| <b>Número de Actividades</b>                                | <b>Reparación de rodete Francis Central Agoyán U.N. HAG</b> |
| 1   | Realizar limpieza inicial                                   |
| 2   | Realizar control de calidad inicial                         |
| 3   | Realizar pulido de desbaste                                 |
| 4   | Escaneo 3D  |
| 5   | Diseño CAD  |
| 6   | Plantillaje   |
| 7   | Mecanizado de desbaste de banda y corona                    |
| 8   | Soldadura manual inicial de banda y corona                  |
| 9   | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona      |
| 10  | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT         |
| 11  | Pulido de alabes  |
| 12  | Pulido de desabate corona                                   |
| 13  | Pulido de desabate banda                                    |

| <b>REPARACIÓN DE RODETE FRANCIS CENTRAL AGOYÁN U.N. HAG</b> |   |
|---|---|
| <b>Número de Actividades</b>                                | <b>Reparación de rodete Francis Central Agoyán U.N. HAG</b> |
| 14  | Soldadura de alabes, banda y corona                         |
| 15  | Pulido de acabado alabes, banda y corona                    |
| 16  | Fabricación de bridas para balanceamiento estático          |
| 17  | Retiro de Laberintos  |
| 18  | Balanceamiento estático previo TT                           |
| 19  | Control de Calidad Antes del TT                             |
| 20  | Tratamiento Térmico   |
| 21  | Pulido de acabado antes de metalizado                       |
| 22  | Balanceamiento estático                                     |
| 23  | Mecanizado final  |
| 24  | Colocación de laberintos                                    |
| 25  | Control dimensional   |
| 26  | Control de Calidad final                                    |
| 27  | Escaneo 3D final  |
| 28  | Montaje de laberintos                                       |
| 29  | Metalizado  |
| 30  | Dossier de Calidad  |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la tabla 3 se desglosa todas las actividades que fueron designadas para la recuperación de la turbina tipo Francis la cual consta de 30 tareas, cada una de ellas fueron establecidas en una evaluación inicial que tiene como objetivos reconocer todos los desgastes de la turbina, establecer el mejor camino y procesos para una óptima recuperación de la misma.

Una vez que se da a conocer los distintos procesos del proyecto, se va designando el tiempo de demora de cada uno de ellos de una manera histórica o estableciéndose metas por tarea y plasmar un tiempo optimista que desde un inicio se desea cumplir a cabalidad.

Tabla 4: Tiempo en porcentaje de las Actividades

|                   | RECUPERACIÓN INTEGRAL<br>RODETE FRANCIS CH AGOYÁN      | planificado/% | Tiempo<br>Acumulado/Porcentaje |
|-------------------|--|---------------|--------------------------------|
| # de<br>Actividad | INICIO   |               | 0                              |
| 1                 | Realizar limpieza inicial                              | 2.0           | 2.0                            |
| 2                 | Realizar control de calidad inicial                    | 4.9           | 6.8                            |
| 3                 | Realizar pulido de desbaste                            | 2.9           | 9.8                            |
| 4                 | Escaneo 3D   | 1.0           | 10.7                           |
| 5                 | Diseño CAD   | 1.5           | 12.2                           |
| 6                 | Plantillaje  | 2.9           | 15.1                           |
| 7                 | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | 4.9           | 20.0                           |
| 8                 | Soldadura manual inicial de banda y corona             | 9.8           | 29.8                           |
| 9                 | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 9.8           | 39.5                           |
| 10                | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | 4.9           | 44.4                           |
| 11                | Pulido de alabes                                       | 4.9           | 49.3                           |
| 12                | Pulido de desabate corona                              | 1.5           | 50.7                           |
| 13                | Pulido de desabate banda                               | 2.9           | 53.7                           |
| 14                | Soldadura de alabes, banda y corona                    | 7.8           | 61.5                           |
| 15                | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | 9.8           | 71.2                           |
| 16                | Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | 1.0           | 72.2                           |
| 17                | Retiro de Laberintos                                   | 1.5           | 73.7                           |
| 18                | Balanceamiento estático previo TT                      | 1.0           | 74.6                           |
| 19                | Control de Calidad Antes del TT                        | 1.0           | 75.6                           |
| 20                | Tratamiento Térmico                                    | 5.9           | 81.5                           |
| 21                | Pulido de acabado antes de metalizado                  | 2.0           | 83.4                           |
| 22                | Balanceamiento estático                                | 1.0           | 84.4                           |
| 23                | Mecanizado final                                       | 2.0           | 86.3                           |
| 24                | Colocación de laberintos                               | 1.0           | 87.3                           |
| 25                | Control dimensional                                    | 1.0           | 88.3                           |
| 26                | Control de Calidad final                               | 1.0           | 89.3                           |
| 27                | Escaneo 3D final                                       | 1.0           | 90.2                           |
| 28                | Montaje de laberintos                                  | 1.5           | 91.7                           |
| 29                | Metalizado   | 7.3           | 99.0                           |
| 30                | Dossier de Calidad                                     | 1.0           | 100.0                          |
|                   | Total  | 100           |                                |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

En la Tabla 4 se puede evidenciar el número de actividades detallando sus tiempos en porcentaje por tarea, los porcentajes son establecidos por la complejidad de la actividad, si tomamos como referencia el realizar una limpieza inicial del rodete podremos ver que solo consta del 2% del proyecto total, pero si se toma en cuenta la soldadura del rodete en donde lo primordial es corregir todas esas fallas de ruptura o desgaste de la turbina lo cual es un 9.8% del proyecto total.

Al centrarnos en la columna del porcentaje acumulado podemos darnos cuenta que mientras avanza las actividades en el proyecto de recuperación termina en un 100% sumando cada una de ellas.

Para tener una mejor visión del tiempo que se demora este proyecto tomamos la fecha de inicio y fin del proyecto que se estableció inicialmente calculando el total de días sin dejar a un lado los días que la empresa labora, de esta manera nos dio un total de 205 días, con este valor y el porcentaje por actividades establecemos el número de días por tarea que se da a conocer en la Tabla 5.

Tabla 5: Tiempo en días de las Actividades

|                   | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE<br>FRANCIS CH AGOYÁN      | Tiempos<br>Planificado/Días | Tiempo<br>Planificado<br>Acumulado/días |
|-------------------|--|-----------------------------|---|
| # de<br>Actividad | INICIO   |                             |   |
| 1                 | Realizar limpieza inicial                              | 4                           | 4                                       |
| 2                 | Realizar control de calidad inicial                    | 10                          | 14                                      |
| 3                 | Realizar pulido de desbaste                            | 6                           | 20                                      |
| 4                 | Escaneo 3D   | 2                           | 22                                      |
| 5                 | Diseño CAD   | 3                           | 25                                      |
| 6                 | Plantillaje  | 6                           | 31                                      |
| 7                 | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | 10                          | 41                                      |
| 8                 | Soldadura manual inicial de banda y corona             | 20                          | 61                                      |
| 9                 | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 20                          | 81                                      |
| 10                | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | 10                          | 91                                      |
| 11                | Pulido de alabes                                       | 10                          | 101                                     |
| 12                | Pulido de desabate corona                              | 3                           | 104                                     |



|    | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE<br>FRANCIS CH AGOYÁN  | Tiempos<br>Planificado/Días | Tiempo<br>Planificado<br>Acumulado/días |
|----|--|-----------------------------|---|
| 13 | Pulido de desabate banda                           | 6                           | 110                                     |
| 14 | Soldadura de alabes, banda y corona                | 16                          | 126                                     |
| 15 | Pulido de acabado alabes, banda y corona           | 20                          | 146                                     |
| 16 | Fabricación de bridas para balanceamiento estático | 2                           | 148                                     |
| 17 | Retiro de Laberintos                               | 3                           | 151                                     |
| 18 | Balanceamiento estático previo TT                  | 2                           | 153                                     |
| 19 | Control de Calidad Antes del TT                    | 2                           | 155                                     |
| 20 | Tratamiento Térmico                                | 12                          | 167                                     |
| 21 | Pulido de acabado antes de metalizado              | 4                           | 171                                     |
| 22 | Balanceamiento estático                            | 2                           | 173                                     |
| 23 | Mecanizado final                                   | 4                           | 177                                     |
| 24 | Colocación de laberintos                           | 2                           | 179                                     |
| 25 | Control dimensional                                | 2                           | 181                                     |
| 26 | Control de Calidad final                           | 2                           | 183                                     |
| 27 | Escaneo 3D final                                   | 2                           | 185                                     |
| 28 | Montaje de laberintos                              | 3                           | 188                                     |
| 29 | Metalizado   | 15                          | 203                                     |
| 30 | Dossier de Calidad                                 | 2                           | 205                                     |
|    | Total  | 205                         |   |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Una vez que ese establece el tiempo en días para un mejor entendimiento debemos reconocer que es el tiempo que se desea cumplir en la recuperación de la turbina Francis perteneciente a la centra Agoyán.

El siguiente paso es establecer cuales tareas son necesarias en ejecutar para que otras puedan realizarse ya que muchas de ellas necesitan de la otra.

En la Tabla 6 se establece las tareas predecesoras para tener un entendimiento mayor de cuáles son las tareas esenciales a realizar las cuales se tomarán más en cuenta para el monitoreo de la recuperación de la turbina, ya que si dicha tarea no se cumple las demás se quedarán estancadas y el tiempo planificado no se cumplirá a cabalidad.

Tabla 6: Tareas Predecesoras

| <b>NÚMERO DE TAREA</b> | <b>RECUPERACIÓN INTEGRAL<br/>RODETE FRANCIS CH AGOYÁN</b> | <b>PREDECESORAS</b> |
|------------------------|---|---------------------|
|                        | <b>INICIO</b>   |                     |
| 1                      | Realizar limpieza inicial                                 | 0                   |
| 2                      | Realizar control de calidad inicial                       | 1                   |
| 3                      | Realizar pulido de desbaste                               | 2                   |
| 4                      | Escaneo 3D  | 2                   |
| 5                      | Diseño CAD  | 4                   |
| 6                      | Plantillaje   | 2                   |
| 7                      | Mecanizado de desbaste de banda y corona                  | 3                   |
| 8                      | Soldadura manual inicial de banda y corona                | 7                   |
| 9                      | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona    | 8                   |
| 10                     | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT       | 9                   |
| 11                     | Pulido de alabes  | 10                  |
| 12                     | Pulido de desabate corona                                 | 10                  |
| 13                     | Pulido de desabate banda                                  | 10                  |
| 14                     | Soldadura de alabes, banda y corona                       | 10                  |
| 15                     | Pulido de acabado alabes, banda y corona                  | 14                  |
| 16                     | Fabricación de bridas para balanceamiento estático        | 5                   |
| 17                     | Retiro de Laberintos                                      | 15                  |
| 18                     | Balanceamiento estático previo TT                         | 16                  |
| 19                     | Control de Calidad Antes del TT                           | 18                  |
| 20                     | Tratamiento Térmico                                       | 19                  |
| 21                     | Pulido de acabado antes de metalizado                     | 20                  |
| 22                     | Balanceamiento estático                                   | 21                  |
| 23                     | Mecanizado final  | 22                  |
| 24                     | Colocación de laberintos                                  | 23                  |
| 25                     | Control dimensional                                       | 24                  |
| 26                     | Control de Calidad final                                  | 25                  |
| 27                     | Escaneo 3D final  | 25                  |
| 28                     | Montaje de laberintos                                     | 25                  |
| 29                     | Metalizado  | 28                  |
| 30                     | Dossier de Calidad  | 29                  |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Al obtener todo este tipo de información como el tiempo por tarea, el tiempo total que se tomara para la recuperación de la turbina tipo Francis de la central Agoyán y conocer cómo se dispone las tareas al saber las predecesoras de una hacia otra se debe empezar a ocupar y utilizar de la mejor manera cada dato que la empresa proporciona para iniciar el control y monitoreo del proyecto seleccionado.

El monitoreo y control se dará tanto en el tiempo de ejecución del proyecto que se está estudiando y el costo del mismo para tener una relación y una información más completa, para el mejor entendimiento como primer punto el proyecto se centrará en el monitoreo y control del tiempo del proyecto formando una base de datos con las actividades debidamente codificadas en los valores del tiempo que se presenta en la tabla 7

Tabla 7: Base de Datos control de Tiempo

| N°. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN         | Tiempos Planificado/Días | Tiempos Ejecutado/Días | Tiempo Planificado Acumulado/días | Tiempo Acumulado Ejecutado/Días | Tiempo de Holgura |
|-----|-----------|--|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
|     | 0         | <b>INICIO</b>  |                          |                        | 0                                 | 0                               |                   |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                              | 4                        | 4                      | 4                                 | 4                               | 0                 |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial                    | 10                       | 10                     | 14                                | 14                              | 0                 |
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                            | 6                        | 8                      | 20                                | 22                              | -2                |
| 4   | D         | Escaneo 3D   | 2                        | 3                      | 22                                | 25                              | -3                |
| 5   | E         | Diseño CAD   | 3                        | 4                      | 25                                | 29                              | -4                |
| 6   | F         | Plantillaje  | 6                        | 7                      | 31                                | 36                              | -5                |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | 10                       | 8                      | 41                                | 44                              | -3                |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona             | 20                       | 20                     | 61                                | 64                              | -3                |
| 9   | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 20                       | 20                     | 81                                | 84                              | -3                |
| 10  | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | 10                       | 5                      | 91                                | 89                              | 2                 |
| 11  | K         | Pulido de alabes                                       | 10                       | 8                      | 101                               | 97                              | 4                 |
| 12  | L         | Pulido de desabate corona                              | 3                        | 7                      | 104                               | 104                             | 0                 |
| 13  | M         | Pulido de desabate banda                               | 6                        | 6                      | 110                               | 110                             | 0                 |
| 14  | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                    | 16                       | 16                     | 126                               | 126                             | 0                 |
| 15  | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | 20                       | 14                     | 146                               | 140                             | 6                 |

| N°.   | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN     | Tiempos Planificado/Días | Tiempos Ejecutado/Días | Tiempo Planificado Acumulado/días | Tiempo Acumulado Ejecutado/Días | Tiempo de Holgura |
|-------|-----------|--|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 16    | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático | 2                        | 2                      | 148                               | 142                             | 6                 |
| 17    | Q         | Retiro de Laberintos                               | 3                        | 5                      | 151                               | 147                             | 4                 |
| 18    | R         | Balanceamiento estático previo TT                  | 2                        | 0                      | 153                               | 147                             | 6                 |
| 19    | S         | Control de Calidad Antes del TT                    | 2                        | 2                      | 155                               | 149                             | 6                 |
| 20    | T         | Tratamiento Térmico                                | 12                       | 8                      | 167                               | 157                             | 10                |
| 21    | U         | Pulido de acabado antes de metalizado              | 4                        | 4                      | 171                               | 161                             | 10                |
| 22    | V         | Balanceamiento estático                            | 2                        | 2                      | 173                               | 163                             | 10                |
| 23    | W         | Mecanizado final                                   | 4                        | 6                      | 177                               | 169                             | 8                 |
| 24    | X         | Colocación de laberintos                           | 2                        | 3                      | 179                               | 172                             | 7                 |
| 25    | Y         | Control dimensional                                | 2                        | 2                      | 181                               | 174                             | 7                 |
| 26    | Z         | Control de Calidad final                           | 2                        | 2                      | 183                               | 176                             | 7                 |
| 27    | A1        | Escaneo 3D final                                   | 2                        | 2                      | 185                               | 178                             | 7                 |
| 28    | B1        | Montaje de laberintos                              | 3                        | 3                      | 188                               | 181                             | 7                 |
| 29    | C1        | Metalizado   | 15                       | 20                     | 203                               | 201                             | 2                 |
| 30    | D1        | Dossier de Calidad                                 | 2                        | 5                      | 205                               | 206                             | -1                |
| Total |           |  | 205                      | 206                    |                                   |                                 |                   |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la Tabla 7 ya consta con toda la información más detallada que se ha venido obteniendo, el nombre de cada actividad codificada por una letra por actividad y un número de actividad, los tiempos planificados y ejecutados de cada una de ellas y un tiempo de holgura que se calculó restando el tiempo planificado y ejecutado.

En varias casillas se observa que el tiempo de holgura es negativo esto nos indica que en esa tarea hay un retraso en donde se debería tomar cartas en el asunto y darle la importancia necesaria, en otras se puede ver que los números son positivos en donde las actividades se cumplieron de manera más temprana a lo planificado y por último tenemos las casillas en donde el valor es 0 que nos indica que dicha actividad se finalizó en el tiempo establecido inicialmente y que lo planificado va en la línea base establecida.

Para determinar el control y monitoreo en el tiempo se definen los parámetros en función del tiempo planificado versus el ejecutado para que nos dé un valor similar al tiempo de holgura en donde determinaremos los indicadores que nos servirá para interpretar el control en el proceso de recuperación de las turbinas.

Tabla 8: Tareas con tiempos de holgura

| <b>RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN</b>  | <b>Tiempo Ejecutado-Planificado</b> |
|--|-------------------------------------|
| <b>INICIO</b>  |                                     |
| Realizar limpieza inicial                              | 0                                   |
| Realizar control de calidad inicial                    | 0                                   |
| Realizar pulido de desbaste                            | 2                                   |
| Escaneo 3D   | 1                                   |
| Diseño CAD   | 1                                   |
| Plantillaje  | 1                                   |
| Mecanizado de desbaste de banda y corona               | -2                                  |
| Soldadura manual inicial de banda y corona             | 0                                   |
| Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 0                                   |
| Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | -5                                  |
| Pulido de alabes                                       | -2                                  |
| Pulido de desabate corona                              | 4                                   |
| Pulido de desabate banda                               | 0                                   |
| Soldadura de alabes, banda y corona                    | 0                                   |
| Pulido de acabado alabes, banda y corona               | -6                                  |
| Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | 0                                   |
| Retiro de Laberintos                                   | 2                                   |
| Balanceamiento estático previo TT                      | -2                                  |
| Control de Calidad Antes del TT                        | 0                                   |
| Tratamiento Térmico                                    | -4                                  |
| Pulido de acabado antes de metalizado                  | 0                                   |
| Balanceamiento estático                                | 0                                   |
| Mecanizado final                                       | 2                                   |
| Colocación de laberintos                               | 1                                   |
| Control dimensional                                    | 0                                   |
| Control de Calidad final                               | 0                                   |
| Escaneo 3D final                                       | 0                                   |
| Montaje de laberintos                                  | 0                                   |
| Metalizado   | 5                                   |
| Dossier de Calidad                                     | 3                                   |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede evidenciar en la Tabla 8, ya los tiempos están establecidos y aquellos son los que ayudara a mejor el control en el tiempo de proceso de recuperación.

La valoración es importante porque es la base para establecer nuestro indicador en el tiempo si nuestro tiempo es = 0 significa que el riesgo a que la actividad es medio, si la valoración es > 0 significa que el riesgo en la tarea es alto y si la valoración en la tarea es < 0, significa que la tarea tiene un riesgo bajo, para el mejor entendimiento se realiza el resumen en la Tabla 9.

Tabla 9: Valoración e Indicador

| VALORACIÓN | INDICADOR    |
|------------|--------------|
| 0          | Riesgo medio |
| > 0        | Riesgo alto  |
| < 0        | Riesgo bajo  |

Fuente: Investigación propia  
Elaborado por: Roberto Córdova

También se estableció un indicador por medio de rúbrica y semaforización para dar a entender si el tiempo está dentro de los establecido, dentro del tiempo o fuera del mismo en relación con el tiempo ejecutado versus el planificado que se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Indicador de semaforización.

| <b>SEMAFORIZACIÓN EN EL CONTROL DE TIEMPO</b> |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <b>CFT</b>                                    | <b>CUMPLIMIENTO FUERA DE TIEMPO</b>  |
| <b>CDT</b>                                    | <b>CUMPLIMIENTO DENTRO DE TIEMPO</b> |
| <b>CAT</b>                                    | <b>CUMPLIMIENTO ANTES DE TIEMPO</b>  |

Fuente: Investigación propia  
Elaborado por: Roberto Córdova (2020)



Para la identificación actual como ya se mencionó antes se trabaja con rúbricas y el método de semaforización en donde tenemos para el riesgo del incumplimiento donde se determina las condiciones de valoración de tojo para el alto riesgo, verde para el riesgo medio y amarillo para bajo riesgo.

Una vez explicado cómo se ha regido el método de semaforización se emplea en los datos obtenidos de la empresa para conformar la base de datos completa para el control y monitoreo del proceso de recuperación de turbinas

Tabla 11: Método de Semaforización

| Nº. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH<br>AGOYÁN      | RIESGO DE INCUMPLIMIENTO EN TIEMPO |     |
|-----|-----------|--|------------------------------------|-----|
|     | 0         | <b>INICIO</b>  |                                    |     |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                              | 0                                  | CDT |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial                    | 0                                  | CDT |
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                            | 2                                  | CFT |
| 4   | D         | Escaneo 3D   | 1                                  | CFT |
| 5   | E         | Diseño CAD   | 1                                  | CFT |
| 6   | F         | Plantillaje  | 1                                  | CFT |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | -2                                 | CAT |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona             | 0                                  | CDT |
| 9   | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 0                                  | CDT |
| 10  | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | -5                                 | CAT |
| 11  | K         | Pulido de alabes                                       | -2                                 | CAT |
| 12  | L         | Pulido de desabate corona                              | 4                                  | CFT |
| 13  | M         | Pulido de desabate banda                               | 0                                  | CDT |
| 14  | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                    | 0                                  | CDT |
| 15  | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | -6                                 | CAT |
| 16  | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | 0                                  | CDT |
| 17  | Q         | Retiro de Laberintos                                   | 2                                  | CFT |
| 18  | R         | Balanceamiento estático previo TT                      | -2                                 | CAT |
| 19  | S         | Control de Calidad Antes del TT                        | 0                                  | CDT |

| N°. | COD.<br>ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH<br>AGOYÁN | RIESGO DE<br>INCUMPLIMIENTO EN<br>TIEMPO |     |
|-----|--------------|---|--|-----|
|     |              |   |  |     |
| 20  | T            | Tratamiento Térmico                               | -4                                       | CAT |
| 21  | U            | Pulido de acabado antes de metalizado             | 0  | CDT |
| 22  | V            | Balanceamiento estático                           | 0  | CDT |
| 23  | W            | Mecanizado final                                  | 2  | CFT |
| 24  | X            | Colocación de laberintos                          | 1  | CFT |
| 25  | Y            | Control dimensional                               | 0  | CDT |
| 26  | Z            | Control de Calidad final                          | 0  | CDT |
| 27  | A1           | Escaneo 3D final                                  | 0  | CDT |
| 28  | B1           | Montaje de laberintos                             | 0  | CDT |
| 29  | C1           | Metalizado  | 5  | CFT |
| 30  | D1           | Dossier de Calidad                                | 3  | CFT |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la

Tabla 11 se detalla cada una de las actividades que se van a realizar y en las siguientes columnas el riesgo del cumplimiento que su determinada rúbrica y método de semaforización, este es el primer paso para llevar un control y monitoreo más específico en las actividades de la empresa.

Al analizar los resultados obtenidos de lo que determina el estado actual del proyecto, en base al nivel de cumplimiento de las actividades en función del tiempo tendremos una tabla que minimiza la información desplegada anteriormente que se presenta en la Tabla 12 dicha tabla nos da a conocer los porcentajes de cada uno de los riesgos ya ellos sean altos, medios o bajos y dándonos un total de 100% de las actividades que se realizan en el proyecto.

Tabla 12: Tabla Resumen em base al tiempo

| <b>EN FUNCIÓN DE TIEMPO</b> | <b>%</b>    |
|-----------------------------|-------------|
| <b>RIESGO ALTO</b>          | 23%         |
| <b>RIESGO MEDIO</b>         | 47%         |
| <b>RIESGO BAJO</b>          | 30%         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100%</b> |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

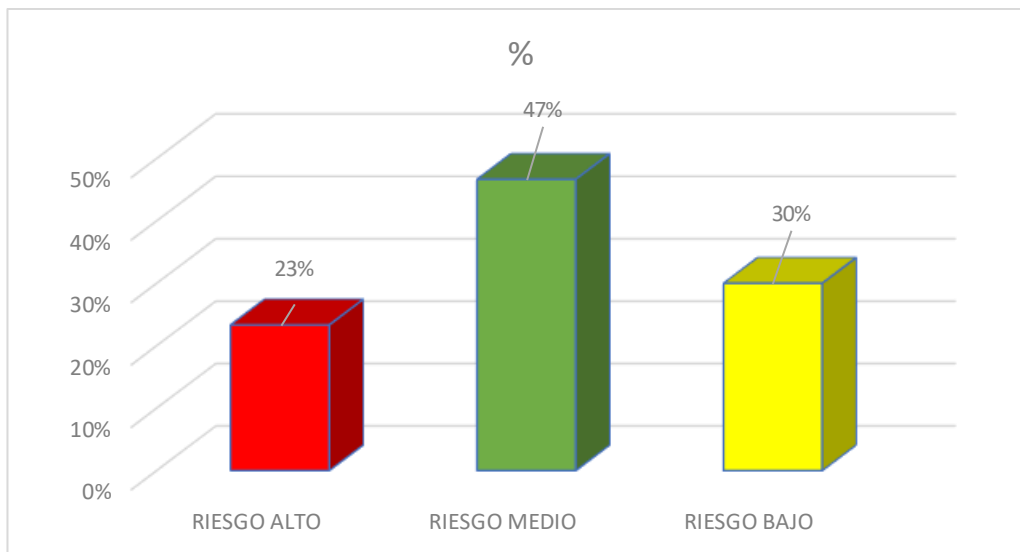


Gráfico 2: Riesgos en las Actividades.

Elaborado por: Roberto Córdova.

Tanto en la Tabla 12 como en el Gráfico 2 se evidencia los distintos porcentajes en donde el que predomina es un riesgo medio con el 47% para este proyecto de recuperación, sin embargo, el riesgo alto tiene un 23% lo que nos indica que debemos tomar precauciones en esas actividades señaladas por ese tipo de riesgo, interpretarlas e indagar de lo que está ocurriendo para que el tiempo planificado se haya excedido de esa manera.

En varias ocasiones el tiempo en el avance del proyecto no es solo afectado por el ritmo del trabajo del personal sino por falta de decisiones en inconvenientes mientras avanza el proyecto, entrega de material para la recuperación de la turbina o como ya se dio a conocer anteriormente el riesgo por la pandemia que se está atravesando.

Todos estos puntos son muy importantes y se deben tomar con la seriedad del caso para que dichas tareas en riesgo alto no perjudiquen al proyecto de tal manera que haya pérdidas económicas y que la confiabilidad y fiabilidad de la empresa decaigan.

Al terminar con la creación de la base de datos y presentación de resultados en lo que cabe con los indicadores de tiempo se procede a estudiar en base a los costos para poder de la misma manera que con el tiempo controlarlo y monitorearlo y evidenciar las tareas que puedan estar en riesgo en este aspecto.

Tabla 13: Actividades y sus costos planeados

| N°. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN | Costo Planeado |
|-----|-----------|--|----------------|
|     | 0         | <b>INICIO</b>                                  |                |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                      | \$3,512.20     |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial            | \$8,780.49     |
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                    | \$5,268.29     |
| 4   | D         | Escaneo 3D                                     | \$1,756.10     |
| 5   | E         | Diseño CAD                                     | \$2,634.15     |
| 6   | F         | Plantillaje                                    | \$5,268.29     |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona       | \$8,780.49     |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona     | \$17,560.98    |

| Nº.   | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN         | Costo Planeado |
|-------|-----------|--|----------------|
| 9     | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | \$17,560.98    |
| 10    | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | \$8,780.49     |
| 11    | K         | Pulido de alabes                                       | \$8,780.49     |
| 12    | L         | Pulido de desabate corona                              | \$2,634.15     |
| 13    | M         | Pulido de desabate banda                               | \$5,268.29     |
| 14    | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                    | \$14,048.78    |
| 15    | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | \$17,560.98    |
| 16    | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | \$1,756.10     |
| 17    | Q         | Retiro de Laberintos                                   | \$2,634.15     |
| 18    | R         | Balanceamiento estático previo TT                      | \$1,756.10     |
| 19    | S         | Control de Calidad Antes del TT                        | \$1,756.10     |
| 20    | T         | Tratamiento Térmico                                    | \$10,536.59    |
| 21    | U         | Pulido de acabado antes de metalizado                  | \$3,512.20     |
| 22    | V         | Balanceamiento estático                                | \$1,756.10     |
| 23    | W         | Mecanizado final                                       | \$3,512.20     |
| 24    | X         | Colocación de laberintos                               | \$1,756.10     |
| 25    | Y         | Control dimensional                                    | \$1,756.10     |
| 26    | Z         | Control de Calidad final                               | \$1,756.10     |
| 27    | A1        | Escaneo 3D final                                       | \$1,756.10     |
| 28    | B1        | Montaje de laberintos                                  | \$2,634.15     |
| 29    | C1        | Metalizado   | \$13,170.73    |
| 30    | D1        | Dossier de Calidad                                     | \$1,756.10     |
| Total |           |  | \$180,000.00   |

Fuente: (CIRT, 2020)

Autor: Roberto Córdova

En la Tabla 13 se puede observar de la misma manera que en los tiempos las actividades con su respectiva codificación, de igual manera se evidencia el costo total del proyecto que fue establecido luego de la revisión inicial del estado del rodete Francis que se va a recuperar, ya mencionado anteriormente el valor del costo del proyecto no excede el porcentaje establecido por la empresa y se decidió que es factible realizar dicho proyecto.

De igual manera se puede observar el costo de cada actividad que conforma el proyecto, cabe mencionar que la prioridad del Centro de Investigación es tratar de ahorrar la mayor

posible los gastos de la empresa a la que está prestando sus servicios, una vez dicho esto podemos mencionar que los costos planificados también son establecidos de acuerdo al tiempo que dure la tarea.

Para poder tener la relación y seguir estableciendo el control que se llevara a cabo en el ámbito de los costos se relaciona el costo planeado con el ejecutado ya que puede variar en muchas ocasiones por los diferentes percances que se puedan presentar durante el avance del proyecto.

A continuación, en la Tabla 14 se da a conocer las tareas ya no solo con sus costos planificados si no sus costos ejecutados.

Tabla 14: Costos Planificados y Ejecutados

| Nº. | COD. ACT. | <b>RECUPERACIÓN INTEGRAL<br/>RODETE FRANCIS CH AGOYÁN</b> | Costo Planeado | Costo Ejecutado |
|-----|-----------|---|----------------|-----------------|
|     | 0         | <b>INICIO</b>   |                | \$0.00          |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                                 | \$3,512.20     | \$2,087.11      |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial                       | \$8,780.49     | \$3,549.34      |
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                               | \$5,268.29     | \$5,008.40      |
| 4   | D         | Escaneo 3D  | \$1,756.10     | \$1,239.34      |
| 5   | E         | Diseño CAD  | \$2,634.15     | \$3,532.57      |
| 6   | F         | Plantillaje   | \$5,268.29     | \$5,235.26      |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona                  | \$8,780.49     | \$9,120.34      |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona                | \$17,560.98    | \$36,606.93     |
| 9   | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona    | \$17,560.98    | \$36,606.93     |
| 10  | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT       | \$8,780.49     | \$11,243.87     |
| 11  | K         | Pulido de alabes  | \$8,780.49     | \$10,154.74     |
| 12  | L         | Pulido de desabate corona                                 | \$2,634.15     | \$2,754.68      |
| 13  | M         | Pulido de desabate banda                                  | \$5,268.29     | \$6,432.58      |
| 14  | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                       | \$14,048.78    | \$17,584.83     |
| 15  | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona                  | \$17,560.98    | \$4,810.00      |
| 16  | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático        | \$1,756.10     | \$1,756.10      |
| 17  | Q         | Retiro de Laberintos                                      | \$2,634.15     | \$1,340.23      |
| 18  | R         | Balanceamiento estático previo TT                         | \$1,756.10     | \$1,756.15      |

| Nº.   | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL<br>RODETE FRANCIS CH AGOYÁN | Costo Planeado | Costo Ejecutado |
|-------|-----------|---|----------------|-----------------|
| 19    | S         | Control de Calidad Antes del TT                   | \$1,756.10     | \$3,697.12      |
| 20    | T         | Tratamiento Térmico                               | \$10,536.59    | \$3,737.24      |
| 21    | U         | Pulido de acabado antes de metalizado             | \$3,512.20     | \$7,460.25      |
| 22    | V         | Balanceamiento estático                           | \$1,756.10     | \$1,756.10      |
| 23    | W         | Mecanizado final                                  | \$3,512.20     | \$1,067.96      |
| 24    | X         | Colocación de laberintos                          | \$1,756.10     | \$1,756.10      |
| 25    | Y         | Control dimensional                               | \$1,756.10     | \$3,697.10      |
| 26    | Z         | Control de Calidad final                          | \$1,756.10     | \$2,697.10      |
| 27    | A1        | Escaneo 3D final                                  | \$1,756.10     | \$1,650.23      |
| 28    | B1        | Montaje de laberintos                             | \$2,634.15     | \$2,534.15      |
| 29    | C1        | Metalizado  | \$13,170.73    | \$4,528.36      |
| 30    | D1        | Dossier de Calidad                                | \$1,756.10     | \$1,756.10      |
| Total |           |   | \$180,000.00   | \$197,157.21    |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdoba

Al construir la base de dato para el control y monitoreo en base a los costos se nota claramente que en varias tareas el costo planeado y ejecutado no es el mismo muchas ocasiones excede el valor planeado, en otras tareas es menor y en algunas de las actividades tanto el costo planeado y ejecutado son los mismos.

Para poder realizar el control completo del proyecto se han tomado costos ejecutados por datos históricos de la empresa ya que dicho proyecto aún se encuentra en ejecución, pero por la experiencia del personal e informes revisados se establecieron de esa manera conjuntamente con la empresa.

Tabla 15: Costo Ejecutado versus costo Planeado

| Nº. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL<br>RODETE FRANCIS CH<br>AGOYÁN | Costo Planeado | Costo Ejecutado | Costo Ejecutado vs Planeado |
|-----|-----------|--|----------------|-----------------|-----------------------------|
|     | 0         | <b>INICIO</b>  |                | \$0.00          |                             |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                            | \$3,512.20     | \$2,087.11      | -\$1,425.09                 |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial                  | \$8,780.49     | \$3,549.34      | -\$5,231.15                 |

| Nº. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN         | Costo Planeado | Costo Ejecutado | Costo Ejecutado vs Planeado |
|-----|-----------|--|----------------|-----------------|-----------------------------|
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                            | \$5,268.29     | \$5,008.40      | -\$259.89                   |
| 4   | D         | Escaneo 3D   | \$1,756.10     | \$1,239.34      | -\$516.76                   |
| 5   | E         | Diseño CAD   | \$2,634.15     | \$3,532.57      | \$898.42                    |
| 6   | F         | Plantillaje  | \$5,268.29     | \$5,235.26      | -\$33.03                    |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | \$8,780.49     | \$9,120.34      | \$339.85                    |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona             | \$17,560.98    | \$36,606.93     | \$19,045.95                 |
| 9   | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | \$17,560.98    | \$36,606.93     | \$19,045.95                 |
| 10  | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | \$8,780.49     | \$11,243.87     | \$2,463.38                  |
| 11  | K         | Pulido de alabes                                       | \$8,780.49     | \$10,154.74     | \$1,374.25                  |
| 12  | L         | Pulido de desabate corona                              | \$2,634.15     | \$2,754.68      | \$120.53                    |
| 13  | M         | Pulido de desabate banda                               | \$5,268.29     | \$6,432.58      | \$1,164.29                  |
| 14  | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                    | \$14,048.78    | \$17,584.83     | \$3,536.05                  |
| 15  | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | \$17,560.98    | \$4,810.00      | -\$12,750.98                |
| 16  | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | \$1,756.10     | \$1,756.10      | \$0.00                      |
| 17  | Q         | Retiro de Laberintos                                   | \$2,634.15     | \$1,340.23      | -\$1,293.92                 |
| 18  | R         | Balanceamiento estático previo TT                      | \$1,756.10     | \$1,756.15      | \$0.05                      |
| 19  | S         | Control de Calidad Antes del TT                        | \$1,756.10     | \$3,697.12      | \$1,941.02                  |
| 20  | T         | Tratamiento Térmico                                    | \$10,536.59    | \$3,737.24      | -\$6,799.35                 |
| 21  | U         | Pulido de acabado antes de metalizado                  | \$3,512.20     | \$7,460.25      | \$3,948.05                  |



| Nº.   | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN | Costo Planeado | Costo Ejecutado | Costo Ejecutado vs Planeado |
|-------|-----------|--|----------------|-----------------|-----------------------------|
| 22    | V         | Balanceamiento estático                        | \$1,756.10     | \$1,756.10      | \$0.00                      |
| 23    | W         | Mecanizado final                               | \$3,512.20     | \$1,067.96      | -\$2,444.24                 |
| 24    | X         | Colocación de laberintos                       | \$1,756.10     | \$1,756.10      | \$0.00                      |
| 25    | Y         | Control dimensional                            | \$1,756.10     | \$3,697.10      | \$1,941.00                  |
| 26    | Z         | Control de Calidad final                       | \$1,756.10     | \$2,697.10      | \$941.00                    |
| 27    | A1        | Escaneo 3D final                               | \$1,756.10     | \$1,650.23      | -\$105.87                   |
| 28    | B1        | Montaje de laberintos                          | \$2,634.15     | \$2,534.15      | -\$100.00                   |
| 29    | C1        | Metalizado                                     | \$13,170.73    | \$4,528.36      | -\$8,642.37                 |
| 30    | D1        | Dossier de Calidad                             | \$1,756.10     | \$1,756.10      | \$0.00                      |
| Total |           |  | \$180,000.00   | \$197,157.21    |                             |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdova

En la Tabla 15 ya se puede evidenciar los resultados que se obtienen al relacionar el costo ejecutado versus el costo planificado y los diferentes valores que varían del uno al otro, para poder realizar de igual manera el control y monitoreo una vez establecida la base de datos en cuanto a costos se han ido definiendo varios parámetros.

Para el riesgo en incumplimiento en costos se determina las condiciones de valoración en donde se decidió tomar dos la primera que considera cuando el presupuesto es menor al planificado (PMP) y cuando el presupuesto excede a lo planificado (PEP).

Tabla 16: Semaforización en costos

| <b>SEMAFORIZACIÓN EN CONTROL DE COSTOS</b> |  |
|--|--|
| <b>PMP</b>                                 | <b>PRESUPUESTO MENOR A LO PLANIFICADO</b>    |
| <b>PEP</b>                                 | <b>PRESUPUESTO EXCEDIDO A LO PLANIFICADO</b> |

Fuente: Investigación propia  
 Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la Tabla 16 es aquella la coloración de la semaforización que se eligió para el control y monitoreo, se optó solo por dos opciones ya que si hablamos de costos lo primordial es el ahorro y entre más se logre es mejor para la empresa, pero si es todo lo contrario la empresa perderá la confiabilidad que se ha ganado durante todo el tiempo que opera

Después de especificar como se dará la semaforización se presenta los resultados que se obtuvo con el análisis de la base de datos que se refleja en los costos en la Tabla 17.

Tabla 17: Tabla resumen de Costos.

| <b>EN FUNCIÓN DE COSTOS</b> | <b>%</b>    |
|-----------------------------|-------------|
| <b>RIESGO ALTO</b>          | 70%         |
| <b>RIESGO BAJO</b>          | 30%         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100%</b> |

Fuente: Investigación propia  
 Elaborado por: Roberto Córdova

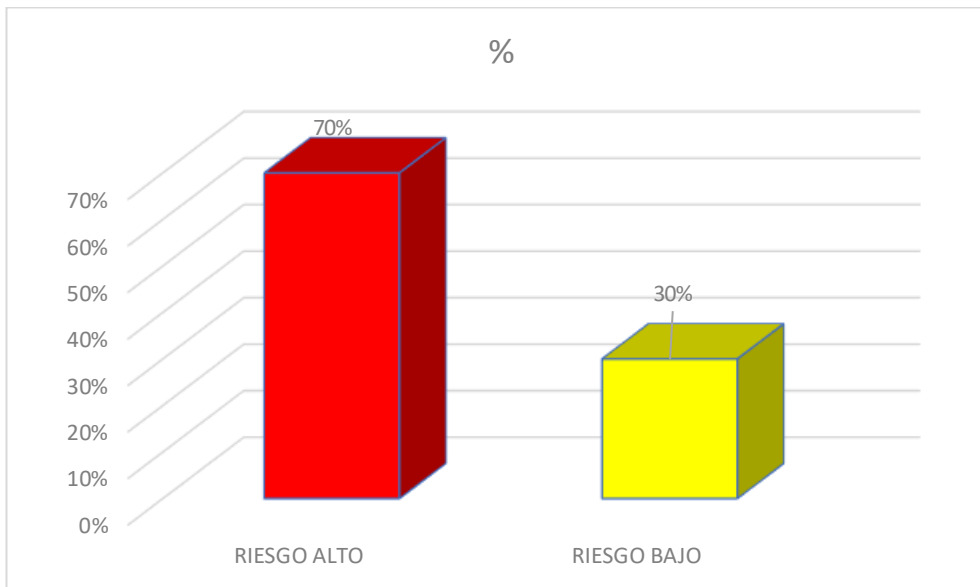


Gráfico 3: Porcentaje en Costos  
Elaborado por: Roberto Córdova


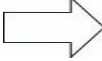


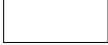

La Tabla 17 muestra claramente un riesgo alto en cuestión a costos tanto que alcanza un 70% en la empresa, dicha cifra puede ser alarmante para la misma, pero para poder tomar una mejor decisión en el transcurso del proyecto es que se realiza este tipo de control y monitoreo, para que sea un poco más entendible se presenta de igual manera un gráfico de barras.

Al presentar tanto un control y monitoreo más específico de cada una de las actividades del proyecto tanto en tiempo como en costos es de suma importancia analizar y diagnosticar lo que está sucediendo en el transcurso del proyecto ya que pueden existir uno o varios factores los cuales afecten directa o indirectamente al avance de la recuperación de la turbina

Como se mencionó anteriormente uno de los problemas más grandes que se presentó en este proyecto de recuperación es la crisis por la que atraviesa el mundo, al limitar el trabajo del personal todo tipo de proceso se pone en pausa y entre más demora la recuperación de la turbina más perdida significa.

Al analizar los resultados obtenidos relacionando tiempos planificados versus ejecutados y costos ejecutados versus planificados se debe determinar los parámetros de control con la simbología respectiva dependiendo el tipo de operación que se realice en el proceso de recuperación de turbinas.

Tabla 18: Simbología de Diagrama de Flujo

| ICONO   | TIPO DE OPERACIÓN          |
|---|----------------------------|
|    | Operación de valor añadido |
|    | Desplazamiento             |
|    | Almacenamiento             |
|  | Demora o espera            |
|  | Inspección                 |
|  | Inspección – Operación     |

Fuente: (Cruelles, 2014)

Elaborado por: Roberto Córdova

Para poder construir el diagrama de proceso se hizo el estudio en base a las tareas predecesoras, dichas tareas son examinadas para establecer cuáles son necesarias y cuales no los son para continuar con el proceso de recuperación.

Se la respectiva simbolización para especificar las tareas las cuales pueden ser operaciones, desplazamientos, almacenamientos, inspecciones y mixtas, como se observa en la Tabla 18, toda esa simbología se evidencia en el diagrama de procesos para identificar cada actividad que pertenece al trabajo de recuperación de la turbina que se está realizando el proyecto.

Tabla 19: Diagrama de Flujo de Procesos

| N°. | COD. ACT. | RECUPERACIÓN INTEGRAL RODETE FRANCIS CH AGOYÁN         | PREDECESORAS | NIVELES DE RIESGO | ● | ➔ | ■ | ◻ |
|-----|-----------|--|--------------|-------------------|---|---|---|---|
|     |           | <b>INICIO</b>  |              |                   |   |   |   |   |
| 1   | A         | Realizar limpieza inicial                              | 0            | 0 CDT             |   |   |   | X |
| 2   | B         | Realizar control de calidad inicial                    | 1            | 0 CDT             |   |   |   | X |
| 3   | C         | Realizar pulido de desbaste                            | 2            | 2 CFT             | X |   |   |   |
| 4   | D         | Escaneo 3D   | 2            | 1 CFT             | X |   |   |   |
| 5   | E         | Diseño CAD   | 4            | 1 CFT             | X |   |   |   |
| 6   | F         | Plantillaje  | 2            | 1 CFT             |   | X |   |   |
| 7   | G         | Mecanizado de desbaste de banda y corona               | 3            | -2 CAT            |   |   |   | X |
| 8   | H         | Soldadura manual inicial de banda y corona             | 7            | 0 CDT             |   |   |   | X |
| 9   | I         | Soldadura de recuperación robotizada de banda y corona | 8            | 0 CDT             |   |   |   | X |
| 10  | J         | Mecanizado de acabado de banda y corona antes de TT    | 9            | -5 CAT            |   |   |   | X |
| 11  | K         | Pulido de alabes                                       | 10           | -2 CAT            | X |   |   |   |
| 12  | L         | Pulido de desabate corona                              | 10           | 4 CFT             | X |   |   |   |
| 13  | M         | Pulido de desabate banda                               | 10           | 0 CDT             |   |   |   | X |
| 14  | N         | Soldadura de alabes, banda y corona                    | 10           | 0 CDT             | X |   |   |   |
| 15  | O         | Pulido de acabado alabes, banda y corona               | 14           | -6 CAT            |   |   | X |   |
| 16  | P         | Fabricación de bridas para balanceamiento estático     | 5            | 0 CDT             |   | X |   |   |
| 17  | Q         | Retiro de Laberintos                                   | 15           | 2 CFT             |   | X |   |   |
| 18  | R         | Balanceaminto estatico previo TT                       | 16           | -2 CAT            | X |   |   |   |
| 19  | S         | Control de Calidad Antes del TT                        | 18           | 0 CDT             | X |   |   |   |
| 20  | T         | Tratamiento Termico                                    | 19           | -4 CAT            | X |   |   |   |
| 21  | U         | Pulido de acabado antes de metalizado                  | 20           | 0 CDT             | X |   |   |   |
| 22  | V         | Balanceamiento estatico                                | 21           | 0 CDT             | X |   |   |   |
| 23  | W         | Mecanizado final                                       | 22           | 2 CFT             |   |   | X |   |
| 24  | X         | Colocación de laberintos                               | 23           | 1 CFT             | X |   |   |   |
| 25  | Y         | Control dimensional                                    | 24           | 0 CDT             |   |   | X |   |
| 26  | Z         | Control de Calidad final                               | 25           | 0 CDT             |   |   | X |   |
| 27  | A1        | Escaneo 3D final                                       | 25           | 0 CDT             | X |   |   |   |
| 28  | B1        | Montaje de laberintos                                  | 25           | 0 CDT             |   | X |   |   |
| 29  | C1        | Metalizado   | 28           | 5 CFT             |   |   |   | X |
| 30  | D1        | Dossier de Calidad                                     | 29           | 3 CFT             | X |   |   |   |

Fuente: (CIRT, 2020)

Elaborado por: Roberto Córdoba

Como se puede observar en la Tabla 19 aquí se especifica el tipo de tarea que se realiza durante todo el proceso de recuperación de la turbina y a la vez se da la coloración del nivel de riesgo que se presenta en cada actividad que a se había mencionado anteriormente que es un estudio de semaforización al realizarlo ayuda a localizar rápidamente por su coloración cuales son las tareas que necesitan ser analizadas, a su vez se observa la rúbrica que se determinó con anterioridad.

Una vez detallado cada aspecto que resulta importante y en base al análisis se construye el proceso correspondiente con la ruta crítica respectiva que se presenta en el siguiente diagrama de red.

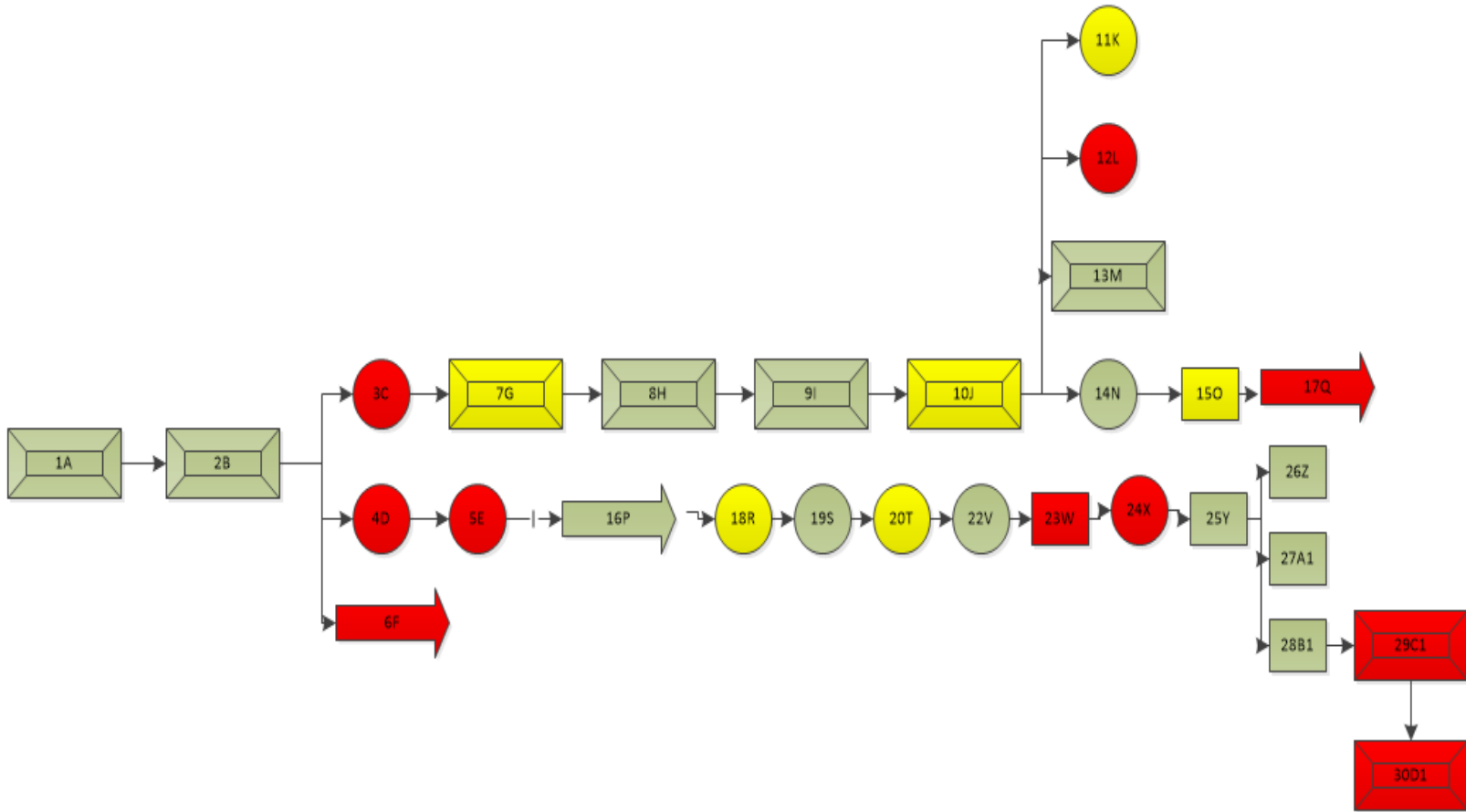


Gráfico 4: Diagrama de Red de procesos de recuperación  
 Elaborado por: Roberto Córdova

Al establecer el diagrama de red se puede reconocer de mejor manera dichas actividades con riesgo bajo que están con una coloración amarillo, aquellas de un riesgo medio con un color verde y por último aquellas actividades que presentan un riesgo alto con color rojo, una vez establecida dicha ruta crítica se debe analizar y diagnosticar que método emplear para que el riesgo se menore.

La mejor opción que se puede establecer es analizar aquellas tareas en donde se puedan combinar realizarlas al mismo tiempo y que no afecte al flujo de trabajo y de esa manera se puede menorar el tiempo y a la vez el riesgo en las actividades.

Existe otra opción en donde seria eliminar la tarea que no sea de relevancia para el proceso de recuperación, pero este no es el caso en donde se pueda eliminar en su totalidad ya que cada actividad es de suma importancia para una óptima recuperación desde la inspección visual o limpieza inicial ya que esa es la fiabilidad que la empresa ofrece en sus servicios.

Al ser analizadas cada una de las opciones para mejorar el tiempo de trabajo en el proyecto se puede decir que cada una de las actividades son de suma importancia las cuales tienen ya un orden definido desde el momento de la planificación las que se deben cumplir a cabalidad mientras el proceso está en ejecución.

Las tareas de riesgo alto son evaluadas que tan importantes son para las demás con los siguientes indicadores y la sustentación en la Tabla 20.

Tabla 20: Valores de Importancia

| Prioridad                | Valor |
|--------------------------|-------|
| Absolutamente Necesario  | 4     |
| Especialmente Importante | 3     |
| Importante               | 2     |
| Ordinario                | 1     |
| No importante            | 0     |
| Indeseable               | -1    |

Fuete: (Gómez Gómez, 2020)  
Elaborado por: Roberto Córdova



Tabla 21: Importancia de Actividades en Riesgo

| Actividades                 | Realizar Pulido de Desbaste | Escaneo 3D | Diseño CAD | Plantillaje | Pulido de desbaste en la Corona | Retiro de Laberintos | Mecanizado Final | Colocación de Laberintos | Metalizado | Dossier de Calidad |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|-------------|---------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|------------|--------------------|
| Realizar Pulido de Desbaste | -                           | 1          | 1          | 3           | 3                               | 3                    | 3                | 3                        | 3          | 3                  |
| Escaneo 3D                  | -                           | -          | 2          | 3           | 3                               | 3                    | 3                | 3                        | 3          | 3                  |
| Diseño CAD                  | -                           | -          | -          | 3           | 3                               | 3                    | 3                | 3                        | 3          | 3                  |
| Plantillaje                 | -                           | -          | -          | -           | 4                               | 3                    | 3                | 3                        | 3          | 3                  |
|                             | -                           | -          | -          | -           | -                               | 4                    | 3                | 3                        | 3          | 3                  |
| Retiro de Laberintos        | -                           | -          | -          | -           | -                               | -                    | 1                | 2                        | 2          | 2                  |
| Mecanizado Final            | -                           | -          | -          | -           | -                               | -                    | -                | 4                        | 4          | 4                  |
| Colocación de Laberintos    | -                           | -          | -          | -           | -                               | -                    | -                | -                        | 3          | 3                  |
| Metalizado                  | -                           | -          | -          | -           | -                               | -                    | -                | -                        | -          | 4                  |
| Dossier de Calidad          | -                           | -          | -          | -           | -                               | -                    | -                | -                        | -          | -                  |

Fuente: (Gómez Gómez, 2020)  
 Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la Tabla 21 cada uno de las actividades son de suma importancia, tanto individualmente como colectiva de la manera que aportan en la recuperación de la turbina, por tanto, se puede establecer que no hay manera de unir actividades mucho menos eliminar alguna de ellas para mejorar el tiempo de producción.

Al dejar establecido que las tareas no pueden ser combinadas mucho menos eliminadas se debe buscar otra manera de actuar ante los resultados expuestos en riesgo a las actividades y una opción es medir la intensidad del trabajador en su área correspondiente.

Finalmente en base a las actividades que se realizaron anteriormente en función de nivel de cumplimiento tanto en tiempo como en costos de cada actividad se determinó la metodología por rúbrica y semaforización ya explicada, el mismo que a través de tablas dinámicas permite una actualización permanente del estado de cada una de las actividades establecidas y por ende del proceso en general, esta metodología es arrojada a través de los scoreboards de seguimiento que se presentan en las siguientes graficas respectivamente.

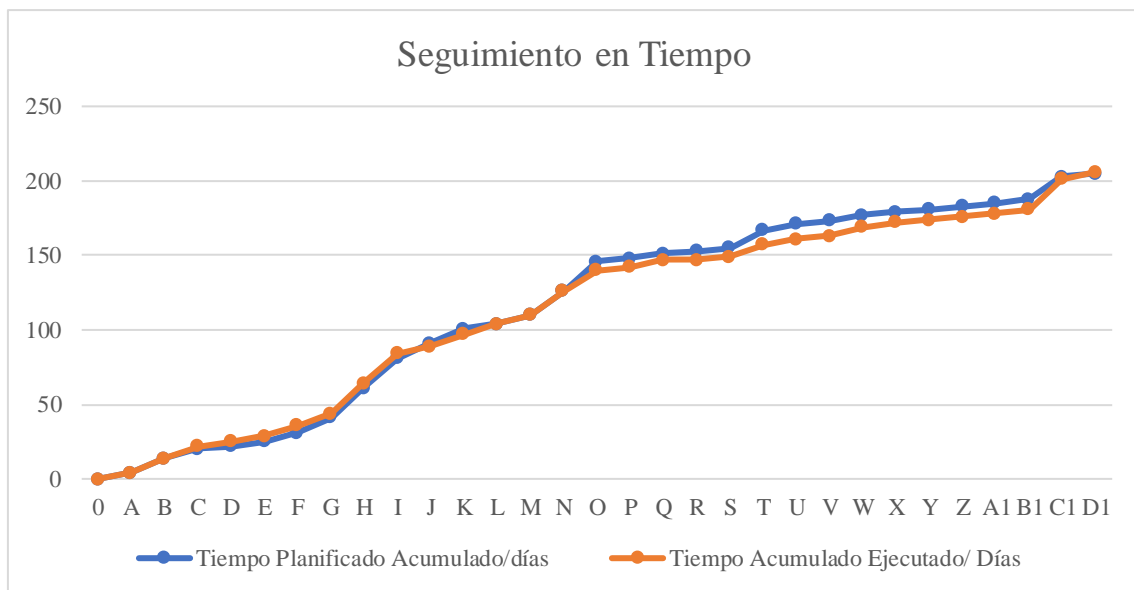


Gráfico 5: Seguimiento en Tiempo  
Elaborado por: Roberto Córdova

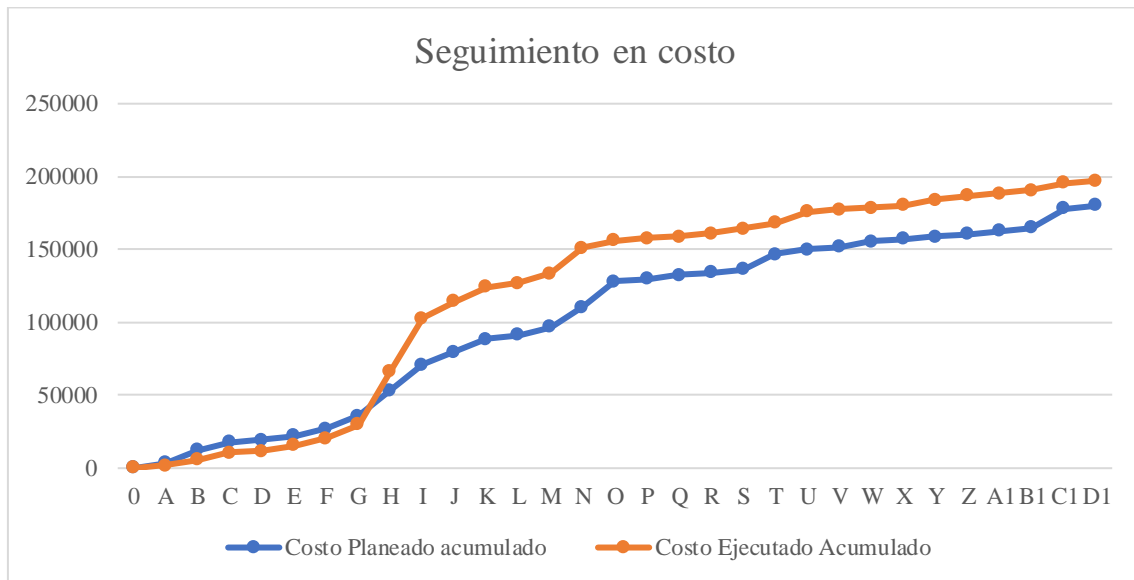


Gráfico 6: Seguimiento en Costo  
 Elaborado por: Roberto Córdova

En el Gráfico 5 y el Gráfico 6 se puede diferenciar el seguimiento de lo planificado versus lo ejecutado tanto en el tiempo y costo lo cual ayuda a observar donde se puede tener el riesgo de una manera más visual, esta manera de presentación de la información facilita la explicación y el entendimiento para el personal de trabajo que debe tener conocimiento de cómo se está desarrollando el proyecto, para que una vez diagnosticado el problema se puedan tomar las decisiones pertinentes y poder actuar sobre el problema que se pueda presentar.

La herramienta de control y monitoreo se es entregada al Centro de Investigación y recuperación de turbinas y partes industriales la cual tiene como prioridad facilitar el reconocimiento de riesgo en tiempo y costos dentro de un proyecto de recuperación de turbinas y a la vez simplificar la presentación de la información para que el personal de trabajo se familiarice rápidamente con la misma.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

Una vez obtenido los datos de importancia y manejar dicha información de una manera correcta relacionando las actividades que se planificaron con el tiempo de cada una de ellas y de la misma manera con el costo estimado que tiene la empresa por cada una de dichas tareas contra el tiempo y costo que se va ejecutando se obtiene el lapso de diferencia que se requería obtener desde un inicio.

Como se puede observar en los gráficos 14 y 15, se evidencia el diagnóstico que la empresa requería, dichas curvas establecidas ayudan para un mejor control y monitoreo dentro de las diferentes tareas de cada proyecto que la empresa pueda adquirir, en este caso nos centramos en el proyecto de recuperación del rodete Francis de la Central Agoyán.

De la misma manera como se presenta en las tablas 11 y 15 del documento es de ahí donde parte la información gráfica gracias a la rúbrica y semaforización que establece los parámetros de control tanto en tiempo y costo para poder visualizar si se está dentro de los estimado o a la vez antes o después de lo planificado como se puede ver en el tiempo del proyecto, pero si nos centramos en el costo nos ayuda a evidenciar si se excede del costo establecido inicialmente.

De igual manera en el Gráfico 4 se hace la referencia de un diagrama de red donde nos indica la ruta crítica y a la vez las tareas en riesgo que forman parte de las actividades del proyecto que se encuentra en proceso, analizando dicho diagrama y diagnosticando el estado en el que se encuentra se comenzó a buscar la soluciones posibles analizando una reducción de tiempo mediante unificación de actividades o eliminación en alguna de ellas concluyendo que no es factible realizar dichas operaciones, lo cual se menciona que se en base al diagnóstico que se presenta se estudie nuevas posibilidades para el mejoramiento en esas actividades en riesgo.

Como plus de los datos obtenidos tanto con el análisis de tiempos y costos, dicha información se va a presentar en una pantalla destinada a la información actual del proyecto la cual se denomina como un scoreboards, la cual tiene como objetivo familiarizar a cada trabajador de las diferentes estaciones del Centro de Investigación y

Recuperación de turbinas y partes industriales (CIRT), para que cada operador pueda observar su avance de trabajo y por razonamiento propio saber si está dentro de la línea de tiempo planificada y dentro del costo que estableció la empresa, o a su vez simplifica el análisis y explicación por parte de jefe encargado hacia sus trabajadores.

El resultado sintetizado del proyecto analizado es el riesgo que se establece dentro de costos y tiempos para que la empresa pueda tomar decisiones acertadas para poder corregir en base al diagnóstico establecido como se presenta en la siguiente tabla resumen.

Tabla 22: Resumen de Riesgos

| EN FUNCIÓN DE COSTOS | %    | EN FUNCIÓN DE TIEMPO | %    |
|----------------------|------|----------------------|------|
| <b>RIESGO ALTO</b>   | 70%  | <b>RIESGO ALTO</b>   | 23%  |
| <b>RIESGO BAJO</b>   | 30%  | <b>RIESGO MEDIO</b>  | 47%  |
| <b>TOTAL</b>         | 100% | <b>RIESGO BAJO</b>   | 30%  |
|                      |      | <b>TOTAL</b>         | 100% |

Fuente: Investigación propia  
Elaborado por: Roberto Córdova

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 23:: Cronograma de Actividades

| TIEMPO   | MES UNO |   |   |   | MES DOS |   |   |   | MES TRES |   |   |   | MES 4 |   |   |   | MES 5 |   |   |   |
|--|---------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| ACTIVIADES   | 1       | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA                           | X       | X | X |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| REVISIÓN DE LA PROPUESTA                               |         |   |   | X | X       | X |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| APROBACIÓN DE LA PROPUESTA                             |         |   |   |   |         |   | X | X | X        |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| ENTREGA DE LA PROPUESTA DE CONTROL DE PROCESOS         |         |   |   |   |         |   |   |   | X        | X | X | X |       |   |   |   |       |   |   |   |
| SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA CON EL PERSONAL DEL CIRT |         |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   | X     | X |   |   |       |   |   |   |
| CAPACITACIÓN DEL PERSONAL                              |         |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   | X | X |       |   |   |   |
| EJECUCION DE LA PROPUESTA DENTRO DEL CIRT              |         |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   | X     | X | X |   |

70

Fuente: Investigación propia  
 Elaborado por: Roberto Córdova

Como se puede observar en la Tabla 23 el tiempo que es necesario para la implementación de la herramienta que facilita el diagnóstico de los proyectos que se encuentra a cargo la empresa CIRT sería de 5 meses tomando en cuenta varios puntos como es la presentación de dicha propuesta la cual una vez aprobada se desarrolla para poder ser presentada frente el jefe a cargo de la empresa, una vez que el gerente se familiariza con la herramienta diseñada se debe capacitar el uso de la herramienta y a la vez al personal de trabajo para que puedan interpretar los datos que se presentaran como resultados, por último se dará la ejecución de la herramienta para el mejoramiento del control en tiempos y costos de los proyectos a reparar en la empresa

### ANÁLISIS DE COSTOS

En la Tabla 24 se presenta los costos para la ejecución del Diseño de la metodología para el control de procesos para la recuperación de turbinas en el centro de investigación y recuperación de turbinas y partes industriales.

Tabla 24: Cronograma valorado

| ANÁLISIS DE COSTOS   |                 |          |              |
|--|-----------------|----------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | PRECIO UNITARIO | CANTIDAD | PRECIO TOTAL |
| Propuesta:<br>Diseño de una metodología para el control de procesos para la Recuperación de Turbinas | 1200.00         | 1        | 1200.00      |
| Socialización de la propuesta en la empresa (CAPACITACIÓN)   | 125.00          | 3        | 375.00       |
| Material Físico acerca de la propuesta:  | 35.00           | 5        | 175.00       |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                 |          | 1750.00      |
| <b>INCONVENIENTES 12%</b>  |                 |          | 210.00       |
| <b>TOTAL</b>   |                 |          | 1960.00      |

Fuente: Investigación propia  
Elaborado por: Roberto Córdova

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones:

- Al realizar el análisis y situación actual de la empresa a través de la respectiva investigación en la documentación y datos históricos de la empresa, se pudo establecer e identificar las falencias que se presentan en el control del tiempo y costo las cuales inician desde la recolección de la información y la manera en que se dispone de la misma, estableciendo una guía de los puntos que se debe dar prioridad para empezar a establecer un control y monitoreo contante y eficiente dentro de los proyectos de recuperación de turbinas.
- Se identificó todos los proyectos que la empresa tenía ya planificados con anterioridad en donde se eligió uno de ellos para poder establecer las tareas específicas que fueron designadas para la recuperación respectiva de aquella turbina, la cual fue un tipo Francis perteneciente a la central Agoyán, se definió los tiempos planificados y ejecutados en donde se obtuvo una variación de un día entre ellos donde se hizo el análisis a través de una metodología de rúbrica y semaforización para identificar los riesgos que puedan existir en cada una de las tareas, de la misma manera se identificó los costos planificados y ejecutados que con el mismo método de semaforización que nos indica el exceso del costo que dio como resultado \$17,157 en exceso al valor planificado de proyecto total y a su vez se estima esa variación en cada tarea identificada, de esta manera teniendo el control en ambos ámbitos.
- Al establecer ya el control y monitoreo de los procesos en tiempos y costos respectivamente, se analizó la manera de socializar dicha información, que sea clara, específica y entendible para cada trabajador sin importar la jerarquía que tengan dentro de la empresa, para realizar esto se estableció los SCOREBOARDS



los cuales van a reflejar la información que se refleja en la herramienta creada con su respectiva rúbrica y método de semaforización, y a su vez la curva para notar la diferencia de tiempos y costo planificados y ejecutados de esta manera el entendimiento del estado del proyecto dentro de la empresa mejora.

### **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda que todos los datos e información que se obtenga de cada proyecto a realizarse dentro del CIRT sean ordenados por prioridades lo cual facilitará el manejo de dicha información y cuando se requiera de la misma se podrá acceder con mayor facilidad para su posterior uso dentro de cada proyecto establecido a su vez cabe recomendar que la propuesta del diseño de control de proyecto sea implementada para la optimización de recursos que en este caso son el tiempo y el costo.
- Una vez establecido el control y monitoreo de procesos para un diagnóstico más rápido y efectivo de los procesos dentro de la recuperación de las turbinas, se recomienda automatizar cada área de trabajo instalando sensores que se pueda medir el desarrollo de cada actividad en tiempo real, los cuales serán reflejados directamente dentro de un software que sería netamente programado el mismo que procesara la información que emita los sensores para ampliar la información y ya no solo diagnosticar sino dar soluciones inmediatas mediante ese sistema.
- Al definir la información que los SOCOREBOARDS van a reflejar se recomienda que si se opta por un sistema más automatizado que se localice un SOCOREBOARD en cada área de trabajo en donde si ocurre una actividad de riesgo aquel emita inmediatamente una alarma para advertir a los trabajadores de esa área.

## **Bibliografía**

**CELEC-EP. 2017.** CELEC EP. [En línea] 2017. <https://www.celec.gob.ec/rendicion-de-cuentas-2017/ver-2017/78-quienes-somos/395-se-inauguro-centro-de-investigacion-y-recuperacion-de-turbinas-hidraulicas-y-partes-industriales-cirt.html>..

**CIRT, Jefe del Centro de Investigación y reparación de Turbinas y partes Industriales. 2020.** CIRT. Baños de Agua Santa : s.n., 2020.

**Cruelles, José Agustín. 2014.** Solución para la mejora de la Productividad Industrial. Zaragoza : INDUSER, Organización Industrial, 2014.

**Fernández Díez, Pedro. 2014.** Turbinas Hidráulicas. Cantabria : s.n., 2014.

**Gómez Gómez, Iván. 2020.** ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. ECUADOR : BRITTO CONSULTING & TEACHING, 2020. ISBN-978-9942-36-891-1.

**GONZÁLES ARIZA, ÁNGEL LEÓN y GARCÍA LLINÁS, GUISELLE ADRIANA. 2015.** INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I. PUERTO COLOMBIA : UNIVERSIDAD DEL NORTE, 2015. ISBN 978-958-741-542-1.

**Institute, Project Management. 2017.** La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos . Newtown Square : Project Management Institute, 2017.

**Ortiz, Ing. Msc. Roberth. 2013.** Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK). Pensilvania : Project Management Institute, Inc., 2013. ISBN 978-1-62825-009-1.

**PARIAPAZA RUMICHE, LUIS ENRIQUE. 2018.** AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA SU OPERACIÓN REMOTA. AREQUIPA - PERÚ : s.n., 2018.

**PHILLIPS, JOSEPH. 2011.** PROJECT MANAGEMENT FOR SMALL BUSINESS. s.l. : THOMAS NELSON, 2011.

**SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ, URBANO.** MAQUINAS HIDRÁULICAS. ALICANTE : EDITORIAL CLUB UNIVERSITARIO. ISBN 978-84-15613-99-2.

**TORRES HERNÁNDEZ, ZACARÍAS y TORRES MARTÍNEZ, HELÍ. 2014.** ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS . MEXICO : GRUPO EDITORIAL PATRIA S.A. DE C.V., 2014. ISBN 978-607-438-881-7.

**Ubilluz Garcés, Carlos. 2019.** ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL RODETE TIPO FRANCIS DELA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN FRANCISCO. Ambato : s.n., 2019.

**Urbano Sánchez, Domínguez. 2013.** MÁQUINAS HIDRÁULICAS. Alicante : Editorial Club Universitario , 2013.

# **ANEXOS**

| DATOS TÉCNICOS DE LA PIEZA INSPECCIONADA |             |            |             |
|--|-------------|------------|-------------|
| REQUERIMIENTO                            | DESCRIPCIÓN | REFERENCIA | OBSERVACIÓN |
| TIPO DE PIEZA:                           |             |            |             |
| DIÁMETRO NOMINAL:                        |             |            |             |
| PESO NOMINAL:                            |             |            |             |
| CÓDIGO DE FABRICACIÓN:                   |             |            |             |
| MATERIAL:                                |             |            |             |
| NÚMERO DE ALABES:                        |             |            |             |
| ROTACIÓN DE LA MAQUINA:                  |             |            |             |
| AÑO FABRICACIÓN/ HORAS OPERACIÓN:        |             |            |             |
| MATERIAL METALIZADO:                     |             |            |             |


Anexo 1: Formato de la pieza Inspeccionada  
Fuente: (CIRT, 2020)

| REQUERIMIENTO TÉCNICO        |    |    |            |             |
|------------------------------|----|----|------------|-------------|
| REQUERIMIENTO                | SI | NO | REFERENCIA | OBSERVACION |
| PLANOS MEDIDAS DIMENSIONALES |    |    |            |             |
| PLANOS DE USO DE PLANTILLAS  |    |    |            |             |
| PLANTILLAS DE FABRICANTES    |    |    |            |             |
| CURVA DE TRATAMIENTO TECNICO |    |    |            |             |
| HISTORICO DE REPARACIONES    |    |    |            |             |

Anexo 2: Formato del requerimiento técnico  
Fuente: (CIRT, 2020)

| TIEMPO DE REPARACIÓN   |                          |                          |   |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| DAÑO LEVE              | 1 - 2 MESES              |                          | <input type="checkbox"/>                                |
| DAÑO MEDIO             | 2 - 3 MESES              |                          | <input type="checkbox"/>                                |
| DAÑO ALTO              | 3 - 6 MESES              |                          | <input type="checkbox"/>                                |
| EVALUACIÓN FINANCIERA  |                          |                          |   |
| COSTO NUEVO            | DAÑO                     |                          | CRITERIO ACEPTABILIDAD                                  |
|                        | LEVE                     | <input type="checkbox"/> | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
|                        | MEDIO                    | <input type="checkbox"/> |   |
|                        | ALTO                     | <input type="checkbox"/> |   |
| PRESUPUESTO APROXIMADO |                          |                          |   |
| DAÑO LEVE              | <input type="checkbox"/> | COSTO NUEVO X 10% - 15%  |   |
| DAÑO MEDIO             | <input type="checkbox"/> | COSTO NUEVO X 15% - 25%  |   |
| DAÑO MODERADO          | <input type="checkbox"/> | COSTO NUEVO X 25% - 35%  |   |

Anexo 3: Formato tiempo de reparación  
Fuente: (CIRT, 2020)

|   |   |                        |                    |
|---|---|------------------------|--------------------|
|  | UNIDAD DE NEGOCIO HIDROAGOYÁN                           |                        | FECHA:             |
|   | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y REPARACIÓN DE TURBINAS "CIRT" |                        | CÓDIGO:            |
|   | <b>ALCANCE</b><br><b>FORMATO A7</b>                     |                        | Hoja 1 de 1        |
| <b>GRUPO DE PROCESO:</b>  | Planificación   | <b>PROCESO:</b>        | Definir el Alcance |
| TÍTULO DEL PROYECTO:  |   | PROYECTO N°            |                    |
| GERENTE RESPONSABLE:  |   | DIRECTOR DEL PROYECTO: |                    |
| <b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>  |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
| <b>ENTREGABLES</b>  |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
| <b>EVENTOS CRÍTICOS</b>   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
| <b>REQUERIMIENTOS TÉCNICOS</b>  |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
| <b>LÍMITES Y EXCLUSIONES</b>  |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
| <b>REVISIONES CON EL CLIENTE DEL PROYECTO</b>                                     |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |
|   |   |                        |                    |

Anexo 4: Formato alcance de la empresa  
Fuente: (CIRT, 2020)







Anexo 6: Turbina Francis  
Fuente: (CIRT, 2020)



Anexo 7: Turbina Francis área de maquinado  
Fuente: (CIRT, 2020)



Anexo 8: Turbina Francis inspección  
Fuente: (CIRT, 2020)



Anexo 9: Turbina inspección de calidad  
Fuente: (CIRT, 2020)



## CERTIFICADO

Baños, 18 de enero del 2021

Yo, Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez, Jefe del Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas Hidráulicas y Partes Industriales, certifico que el señor CÓRDOVA VACA ROBERTO ALEJANDRO, con CI. 180413051-4, estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamérica, realizó su trabajo de titulación denominado: **"DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE PROCESOS PARA LA RECUPERACIÓN DE TURBINAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y PARTES INDUSTRIALES (CIRT) DE LA EMPRESA PÚBLICA CELEC – EP HIDROAGROYÁN"**.

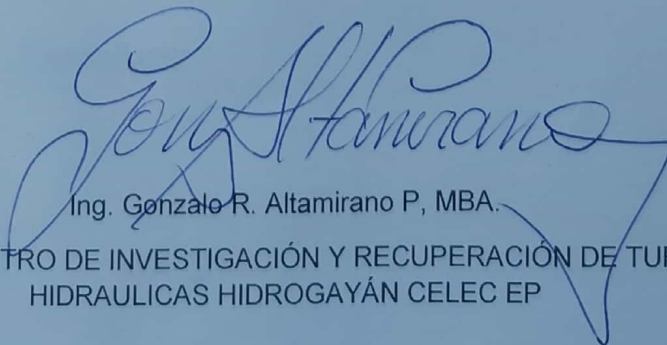
Dicho trabajo de titulación es aprobado ya avalado por el Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg. y servirá como propuesta para mejoras.

En el desarrollo del trabajo de titulación el señor Córdova Vaca Roberto Alejandro, ha demostrado capacidad, responsabilidad, y colaboración con la empresa para la construcción de los objetivos planteados al inicio del mismo.

Se emite presente certificado para fines que el Señor Córdova Vaca Roberto Alejandro considere presente:

Atentamente,



  
Ing. Gonzalo R. Altamirano P, MBA.

JEFE DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS  
HIDRAULICAS HIDROGAYÁN CELEC EP