



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Análisis y control de calidad de energía eléctrica para reducir  
costos por paradas no programadas de máquinas en la  
empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Arcos Martínez, Pedro (ORCID: 0000-0003-1155-5952)

Escobedo Hidalgo, José Uladislao (ORCID: 0000-0002-2615-2403)

**ASESOR:**

Mg. Añazco Escobar, Dixon Groky (ORCID: 0000-0002-2729-1202)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de la Seguridad y de la Calidad

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado en principio a Dios, a la memoria de mi padre Pedro Arcos Flores y mi madre Juana Martínez Cabrera, y especialmente a mi familia, esposa e hijas, por darme el apoyo sin condiciones durante el recorrido de esta etapa, para motivarme en todos los momentos difíciles y poder culminar mi carrera profesional.

Pedro Arcos Martínez

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación dedico en primer lugar a Dios, a mi madre que a un está a mi lado y al grato recuerdo de mi padre que sé que desde el cielo está vigilante a mis pasos rumbo a mis objetivos, y con una especial gratitud a mi familia, esposa e hijos, por ser los pilares en la construcción de este emprendimiento y el motivo suficiente para no desmayar en mis propósitos.

José Uladislao Escobedo Hidalgo

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor Mg. Dixon Añezco Escobar y a la Universidad Cesar Vallejo por darnos las herramientas necesarias para poder llegar al objetivo trazado.

Pedro Arcos Martínez

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor Mg. Dixon Añezco Escobar y a los demás docentes que participaron de nuestra formación y nos impartieron sus experiencias en el aspecto laboral y académicas, las cuales alimentaron nuestras ganas de lograr nuestros objetivos trazados.

José Uladislao Escobedo Hidalgo

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |     |
|--|-----|
| Carátula .....   | i   |
| Dedicatoria.....   | ii  |
| Agradecimiento .....   | iii |
| Índice de contenidos.....  | iv  |
| Resumen .....  | IX  |
| Abstract.....  | X   |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1   |
| 1.1. Realidad Problemática.....  | 2   |
| 1.2. Trabajos Previos.....   | 5   |
| 1.2.1. Internacionales .....   | 5   |
| 1.2.2. Nacionales .....  | 6   |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema.....   | 8   |
| 1.3.1. Marco Legal .....   | 8   |
| 1.3.2. Generación de Energía Eléctrica .....                                     | 11  |
| 1.3.3. Transmisión de la Energía Eléctrica.....                                  | 14  |
| 1.3.4. Distribución de la Energía Eléctrica.....                                 | 15  |
| 1.3.5. La Calidad de la Energía – Variable Independiente .....                   | 16  |
| 1.3.6. Parámetros de la Calidad de la Energía.....                               | 17  |
| 1.3.7. Clasificación de Perturbaciones de la Energía Eléctrica.....              | 18  |
| 1.3.8. Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) – Variable Independiente ..... | 22  |
| 1.3.9. Tipos de AMEF .....   | 23  |
| 1.3.10. Identificación de Modos de falla .....                                   | 24  |
| 1.3.11. Metodología para el desarrollo del AMEF en un proceso .....              | 24  |
| 1.3.12. Costos de paradas no programadas – Variable Dependiente .....            | 25  |
| 1.3.13. Administración de una Parada de Planta .....                             | 25  |
| 1.3.14. Supervisión de costos y presupuestos de una Parada de Planta .....       | 26  |
| 1.3.15. Costes de Fallos .....   | 26  |
| 1.3.16. Organizaciones Productivas.....  | 27  |
| 1.4. Formulación del Problema .....  | 29  |
| 1.4.1. Problema General.....   | 29  |
| 1.4.2. Problemas Específicos .....   | 29  |
| 1.5. Justificación del Estudio.....  | 29  |
| 1.5.1. Justificación Económica.....  | 29  |

|  |    |
|--|----|
| 1.5.2. Justificación Metodológica .....  | 29 |
| 1.6. Hipótesis General .....   | 30 |
| 1.6.1. Hipótesis Específicas .....   | 30 |
| 1.7. Objetivo General .....  | 30 |
| 1.7.1. Objetivos Específicos .....   | 30 |
| II. MÉTODO .....   | 31 |
| 2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....  | 32 |
| 2.2. Operacionalización de Variables .....   | 33 |
| - Variable Independiente: Calidad de Energía .....                                 | 33 |
| - Variable Dependiente: Costos por paradas no programadas de máquinas .....        | 33 |
| 2.3. Población y Muestra .....   | 35 |
| 2.3.1. Población .....   | 35 |
| 2.3.2. Muestra .....   | 36 |
| 2.3.3. Muestreo .....  | 36 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .... | 37 |
| 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                       | 37 |
| 2.4.2. Validación y confiabilidad de instrumentos .....                            | 40 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos .....  | 42 |
| 2.6. Aspectos éticos .....   | 43 |
| III. RESULTADOS .....  | 44 |
| 3.1. Planteamiento de Propuesta de Solución .....                                  | 45 |
| 3.1.1. Situación Actual .....  | 45 |
| 3.1.2. Variable Independiente: CALIDAD DE ENERGÍA .....                            | 46 |
| 3.1.3. Dimensión 01: Nivel de Perturbaciones Actuales .....                        | 52 |
| 3.1.4. Planteamiento de la alternativa de solución .....                           | 53 |
| 3.1.5. Dimensión 2: Análisis del Modo y Efecto de Fallas .....                     | 60 |
| 3.1.6. Variable Dependiente: Costos por paradas no programadas de máquinas .....   | 68 |
| 3.1.7. Dimensión 01: Costos de Parada de Producción .....                          | 71 |
| 3.1.8. Dimensión 02: Costos de Reparación .....                                    | 72 |
| 3.2. Estadística Descriptiva: VARIABLE INDEPENDIENTE .....                         | 74 |
| Indicador 01: Nivel de Perturbaciones Actuales .....                               | 74 |
| Indicador 02: Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) .....                    | 75 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3. Estadística Descriptiva: VARIABLE DEPENDIENTE ..... | 76 |
| Indicador 01: Costos de Parada de Producción .....       | 76 |
| Indicador 02: Costos de Reparación.....                  | 77 |
| 3.4. Análisis Inferencial.....                           | 79 |
| IV. DISCUSIÓN .....                                      | 83 |
| V. CONCLUSIONES .....                                    | 86 |
| VI. RECOMENDACIONES .....                                | 88 |
| VII. REFERENCIAS.....                                    | 90 |
| ANEXOS.....  | 97 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Consumo de la Energía Eléctrica por cada Sector (GWh).....   | 2  |
| Tabla 2: Dimensión 1 (Nivel de Perturbaciones Actuales).....          | 20 |
| Tabla 3: Dimensión 2 (Análisis del Modo y Efecto de Fallas) .....     | 25 |
| Tabla 4: Dimensión 01 (Costos de Paradas de Producción) .....         | 28 |
| Tabla 5: Dimensión 2 (Costos de Reparación).....                      | 28 |
| Tabla 6: Operacionalización de Variables .....                        | 34 |
| Tabla 7: Máquinas presentes en Gestión Maderera S.A.C.....            | 35 |
| Tabla 8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....        | 38 |
| Tabla 9: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....        | 39 |
| Tabla 10: Correlaciones de Variable Dependiente .....                 | 41 |
| Tabla 11: Resumen de ítems procesados.....                            | 42 |
| Tabla 12: Alfa de Cronbach .....                                      | 42 |
| Tabla 13: Cuadro detalle de la medición.....                          | 47 |
| Tabla 14: Análisis de los Valores de Potencia por el Analizador ..... | 48 |
| Tabla 15: Cuadro resumen de los valores de Potencia .....             | 49 |
| Tabla 16: Perfil de los valores de Corriente .....                    | 50 |
| Tabla 17: Cuadro resumen de los valores de Corriente .....            | 50 |
| Tabla 18: Perfil de los valores de Tensión .....                      | 51 |
| Tabla 19: Detalle de Nivel de Perturbaciones .....                    | 52 |
| Tabla 20: Resumen de valores post de Potencia .....                   | 54 |
| Tabla 21: Resumen valores post de Corriente .....                     | 56 |
| Tabla 22: Resumen valores post de Tensión .....                       | 57 |
| Tabla 23: Resumen valores post por Flicker .....                      | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 24: Resumen valores post de Distorsión de armónicas.....                            | 59 |
| Tabla 25: Modo de fallos de las máquinas de Gestión Maderera S.A.C.....                   | 61 |
| Tabla 26: Criterios de Gravedad en el AMEF.....   | 65 |
| Tabla 27: Criterios para la Ocurrencia en el AMEF.....                                    | 65 |
| Tabla 28: Criterios para la Detectabilidad en el AMEF.....                                | 66 |
| Tabla 29: Detalle de laboras de Prevención en Gestión Maderera S.A.C. ....                | 68 |
| Tabla 30: Descriptivos de Variable Dependiente.....                                       | 70 |
| Tabla 31: Nivel de Perturbaciones Actuales Antes y Después.....                           | 74 |
| Tabla 32: Impacto del AMEF Antes y Después de la mejora.....                              | 75 |
| Tabla 33: Impacto de los Costos de Parada de Producción antes y después de la mejora..... | 76 |
| Tabla 34: Impacto en los Costos de Reparación antes y después de la mejora.....           | 77 |
| Tabla 35: Impacto de los Costos por Paradas no programadas de máquinas.....               | 78 |
| Tabla 36: Prueba de Normalidad.....   | 79 |
| Tabla 37: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.....                              | 80 |
| Tabla 38: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.....                              | 81 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Estructura del Consumo Final de Energía Eléctrica por sectores.....      | 3  |
| Figura 2: Distribución de la producción de Electricidad en el Mundo, 2015.....     | 12 |
| Figura 3: Producción Eléctrica en Agosto 2019-Perú.....                            | 12 |
| Figura 4: Participación por origen y zona del país en la producción eléctrica..... | 13 |
| Figura 5: Producción de GWh por región.....  | 14 |
| Figura 6: Cadena de Valor de la Energía Eléctrica.....                             | 16 |
| Figura 7: Diagrama de Decisiones.....  | 33 |
| Figura 8: Cronograma de Actividades.....   | 38 |
| Figura 9: Tablero de distribución trifásico interno.....                           | 46 |
| Figura 10: Valores de Factor Potencia Total.....                                   | 54 |
| Figura 11: Valores de Corriente.....   | 55 |
| Figura 12: Valores de Tensión en la línea.....                                     | 56 |
| Figura 13: Valores de severidad por Flicker.....                                   | 58 |
| Figura 14: Valores por Distorsión Armónica de Tensión.....                         | 59 |
| Figura 15: Proceso productivo en Gestión Maderera S.A.C.....                       | 62 |
| Figura 16: Equipo AMEF.....  | 63 |
| Figura 17: Etapas críticas del proceso productivo.....                             | 64 |
| Figura 18: Fórmula del Número de Prioridad de Riesgo.....                          | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 19: Costos de Paradas No Programadas por máquina .....                               | 69 |
| Figura 20: Segmentación de costos de paradas no programadas por máquina.....                | 69 |
| Figura 21: Costos de Parada de Producción.....  | 71 |
| Figura 22: Costos de Parada de Producción.....  | 72 |
| Figura 23: Costos de Reparación .....   | 73 |
| Figura 24: Costos de Reparación .....   | 73 |
| Figura 25: Nivel de Perturbaciones actuales en %.....                                       | 74 |
| Figura 26: Rendimiento de Acciones de Prevención del AMEF .....                             | 75 |
| Figura 27: Impacto de los Costos de Parada de Producción antes y después de la mejora ..... | 76 |
| Figura 28: Impacto en los Costos de Reparación antes y después de la mejora.....            | 77 |
| Figura 29: Impacto de los Costos por Paradas no programadas de máquinas .....               | 78 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |       |
|--|-------|
| Anexo 1: Matriz de Consistencia.....   | 99    |
| Anexo 2: Instrumento AMEF .....  | 100   |
| Anexo 3: Instrumento para la medición de la producción .....                 | 100   |
| Anexo 4: Instrumento de medición de paradas no programadas .....             | 102   |
| Anexo 5: Instrumento de medición de costos por reparación.....               | 103   |
| Anexo 6: Sierra Cinta.....   | 104   |
| Anexo 7: Cepilladora 2 caras .....   | 104   |
| Anexo 8: Despuntadoras .....   | 105   |
| Anexo 9: Capacitor en malas condiciones .....                                | 105   |
| Anexo 10: Medición de valores en tablero principal .....                     | 106   |
| Anexo 11: Analizador de Redes usado para la medición .....                   | 106   |
| Anexo 12: Productos como Plataformas y Tacos para Campamento Minero.....     | 107   |
| Anexo 13: Madera Habilitada.....   | 107   |
| Anexo 14: Acta de Aprobacion de originalidad de tesis.....                   | 10809 |
| Anexo 15: Pantallazo del Software Turnitin.....                              | 110   |
| Anexo 16: Pantallazo del Software Turnitin.....                              | 111   |
| Anexo 17: Autorización para la publicación de la tesis.....                  | 112   |
| Anexo 18: Autorizacion de la Version final del Trabajo de Investigacion..... | 10813 |

## RESUMEN

En esta investigación tiene como objetivo la reducción de los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., a través del Análisis y Control de la Calidad de Energía Eléctrica, específicamente con el control de perturbaciones y el análisis de modo y efecto de fallas.

En el capítulo I, se describe la realidad problemática, dentro del marco internacional y nacional, con relación a la importancia de la calidad de energía y el impacto que esta tiene sobre los costos por paros generados por averías. Se citan como antecedentes trabajos previos de calidad de energía realizados tanto a nivel nacional e internacional, así mismo se citan diversas teorías relacionadas al tema de análisis de calidad de energía y costos de paradas no programadas. Tomando en cuenta lo anterior se formula el problema de investigación ¿De qué manera el Análisis y Control de la Calidad de Energía reduce los costos de paradas no programadas en la empresa maderera?, justificando la investigación por los beneficios económicos, y por las bases teóricas. Seguidamente se plantea la hipótesis general en la que plantea la hipótesis alterna de que el Análisis y Control de la calidad de energía reducen los costos de paradas no programadas de las máquinas de la empresa maderera. Surgiendo el objetivo de investigación de demostrar cómo la calidad de energía reduce estos costos.

En el capítulo II, se detalla el método de investigación el cual tiene un enfoque cuantitativo, es de tipo aplicado y con un nivel descriptivo y explicativo, de diseño experimental preexperimental con prueba de pre-test y post-test. Se determina la muestra en función de la población en este caso las 11 máquinas electromecánicas, y se describen los instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo III, se describen los resultados de la investigación donde se desarrolla toda la estadística descriptiva e inferencial, además de la prueba de hipótesis correspondiente.

Finalmente, en los últimos capítulos, se presentan los temas a discutir, las conclusiones y sus respectivas recomendaciones.

**Palabras Clave:** Calidad, Energía, Paradas de maquina no programadas, AMEF, costos.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to reduce costs for unscheduled machine stops at the company Gestión Maderera SAC, through the Analysis and Control of the Quality of Electric Power, specifically with the control of disturbances and the analysis of mode and effect of failures.

In Chapter I, the problematic reality is described, within the international and national framework, in relation to the importance of energy quality and the impact it has on the costs of stoppages caused by breakdowns. Previous works on energy quality, both nationally and internationally, are cited as antecedents, as well as various theories related to the topic of analysis of energy quality and costs of unscheduled shutdowns. Taking into account the above, the research problem is formulated. How does the Analysis and Control of the Energy Quality reduce the costs of unscheduled shutdowns in the logging company? Justifying the research for the economic benefits, and for the theoretical bases. Next, the general hypothesis is presented, in which the alternative hypothesis that the Analysis and Control of the energy quality reduce the costs of unscheduled shutdowns of the machines of the logging company is presented. Emerging the research objective to demonstrate how the quality of energy reduces these costs.

In Chapter II, the research method is detailed, which has a quantitative approach, is of an applied type and has a descriptive and explanatory level, of pre-experimental experimental design with pre-test and post-test. The sample is determined based on the population, in this case the 11 electromechanical machines, and the data collection instruments are described.

Chapter III describes the results of the research where all descriptive and inferential statistics are developed, in addition to the corresponding hypothesis test.

Finally, in the last chapters, the topics to be discussed, the conclusions and their respective recommendations are presented.

Keywords: Quality, Energy, Unscheduled machine stops, AMEF, costs.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

Durante los últimos tiempos el elevado crecimiento de la economía mundial se ha visto traducido en un exponencial desarrollo de la energía eléctrica, así como también el desarrollo tecnológico en el ámbito industrial, esto ha conllevado a una elevada propagación de dispositivos para control y equipos electrónicos, motores eléctricos, equipos para soldadura, hornos eléctricos, sistemas de arrastre eléctrico, máquinas electromecánicas que presentan variadores de velocidad, transformadores, etc., debido a todos estos elementos han producido una cantidad alta de éstas alteraciones dentro de los indicadores de la corriente y la tensión del sistema eléctrico en el mundo, ante este panorama se ha contemplado un gran problema llamado perturbaciones eléctricas.

En el Perú, también se ha venido reflejando este crecimiento en cada uno de sus sectores, tales como, el minero metalúrgico, el residencial, el comercial, el público, el industrial, el de transporte, el agropecuario, el agroindustrial y finalmente el pesquero, cada uno de ellos representan las actividades productivas que demandan energía eléctrica en el país, impactando directamente al PBI nacional.

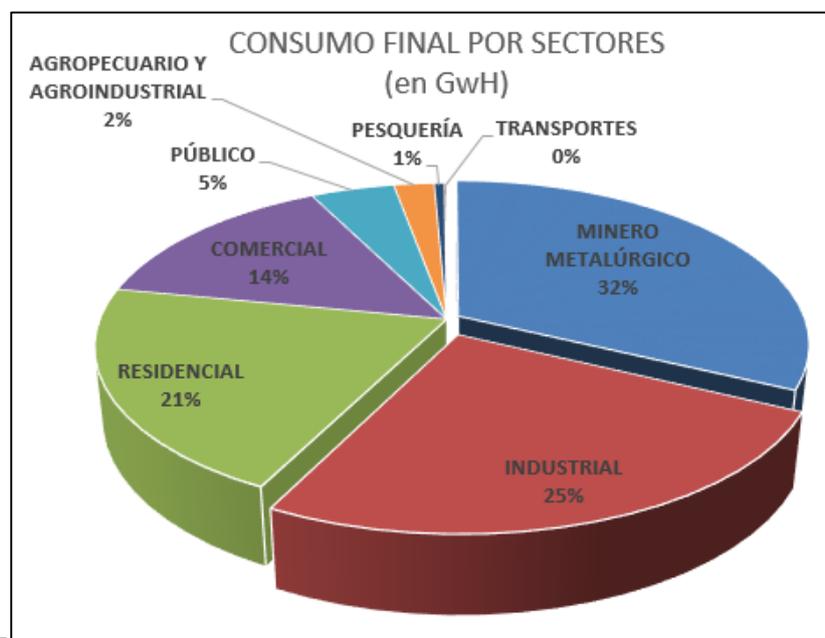
*Tabla 1: Consumo de la Energía Eléctrica por cada Sector (GWh)*

| SECTOR                        | CONSUMO        |
|-------------------------------|----------------|
| Minero Metalúrgico            | 14946.3        |
| Industrial                    | 11769.9        |
| Residencial                   | 9573.4         |
| Comercial                     | 6741.1         |
| Público                       | 2106.6         |
| Agropecuario y Agroindustrial | 1015.9         |
| Pesquería                     | 258.5          |
| Transporte                    | 53.1           |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>46464.8</b> |

*Fuente: MINEM-Balance General de Energía 2017*

En la tabla 01, se puede observar que en el 2017 las actividades con mayor participación en el consumo de energía eléctrica se encuentran en los sectores industriales y en mayor magnitud en el sector minero metalúrgico.

Figura 1: Estructura del Consumo Final de Energía Eléctrica por sectores



Fuente: MINEM Balance General de Energía 2017

En la figura 1, se muestra claramente como está estructurado el consumo de energía eléctrica, siendo el sector industrial uno de los principales sectores que demanda energía eléctrica, y es en ese sector donde está enfocado el trabajo de investigación.

La empresa Gestión Maderera S.A.C. es una empresa de la industria maderera con muchos años en el mercado peruano, tratando de proyectarse a ser uno de los principales proveedores de especies maderables en la región, brindando productos de alta calidad y excelente servicio a sus clientes, para llegar a ese objetivo la empresa posee dos importantes plantas en los distritos de San Luis y Lurigancho-Chosica (Huachipa), es en este último, siendo el de mayor capacidad de almacenaje y una línea de producción importante, ya que cuenta con máquinas de última generación, que presentan equipos electromecánicos, cada uno posee elementos electrónicos como variadores de velocidad, que cumplen con el funcionamiento óptimo y así pueda cumplir con la producción deseada.

Para llegar a cumplir con las metas de productividad de Gestión Maderera S.A.C., echa mano de la energía eléctrica suministrada por la empresa distribuidora local, que es la fuente de alimentación de todos los equipos eléctricos, electromecánicos y electrónicos, dentro de la línea de producción. Estos equipos, principalmente los denominados variadores de velocidad que contribuyen al buen funcionamiento de las máquinas, presentan fallas de manera recurrente por las variaciones de voltaje que presenta la red eléctrica, en la mayoría de las veces estos dispositivos incurren en falla y por falta de conocimiento no se llega a determinar las causas por las que suceden, y como consecuencia de estas fallas, se tienen equipos dañados y a veces componentes que no tienen reparación, comprometiendo a la producción de la empresa y en este caso, representando pérdidas económicas por las paradas de máquina no programadas.

Para el desarrollo del presente informe de investigación tiene como objetivo principal hacer un análisis y control minucioso de los parámetros de calidad de la energía, para ello se utilizará un analizador de redes eléctricas trifásico el cual será instalado en la entrada de energía del interruptor principal del tablero general. El análisis y control de la calidad en el sistema eléctrico, se realizará teniendo en cuenta los indicadores que se fijan en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). En relación con los indicadores de la calidad del producto, teniendo en cuenta los siguientes aspectos técnicos; tensión, perturbaciones eléctricas tales como las distorsiones armónicas, flicker y frecuencia. Esto con el propósito de verificar la calidad de energía y formular alternativas de solución en caso de una mala calidad de energía, ya sea desde la alimentación del proveedor o del mismo sistema interno eléctrico de la empresa.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1.2.1. Internacionales**

En la presente investigación se pretende crear una metodología integral para realizar el estudio y análisis de la energía eléctrica, Nicaragua R. y Rivera F. (2017) realizó un estudio en Nicaragua donde llegan a realizar unas guías para elaborar informes, formatos de registro e inspección de acuerdo a las normas internacionales aplicadas a una determinada empresa, los cuales han sido adaptados en ésta investigación, dando como resultado alternativas de solución para cada uno de los puntos críticos identificados.

La elaboración de un estudio de la calidad en la energía eléctrica está dirigidos a dos objetivos principales, en primer lugar, determinar los lineamientos para realizar una política en relación con la energía y así poder acceder a una certificación de calidad internacional, en segundo lugar, señalar oportunidades de mejora en áreas determinadas en la organización tal y como lo describe en su investigación de Sifuentes, D. (2012) realizada en la ciudad de México. Donde propone la elaboración de un estudio de la calidad en la energía en la empresa BIO-PAPPEL. Llegando a la conclusión que se debe de adquirir instrumentos especializados para medir la calidad de la energía en la empresa.

Ésta política de definir la evaluación de la calidad de energía se desarrolla haciendo las investigaciones pertinentes de las causas de las perturbaciones en el sistema eléctrico para poder reducir costos de operación y mantenimiento en la industria, de acuerdo a Marroquín, J. (2012) que realizó un trabajo de investigación en Guatemala para la industria textil, donde determina soluciones dentro del marco de las normas internacionales, donde concluyen que las causas principales de estos desbalances se originan en los sistemas trifásicos de máquinas de gran envergadura, que por ende aumenta el costo de la energía eléctrica y la falla en las maquinarias.

Para poder prevenir las sobrecompensaciones en el sistema eléctrico y poder así evitar las diferentes anomalías que se registren en la red y de poder presentar alternativas de solución, se hace un correcto análisis en los valores que están enmarcados dentro la normativa del servicio eléctrico, así como Camacho, J. (2015), en su trabajo de investigación titulado “Estudio de factibilidad para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en la planta industrial

Inducuerdas”, para poder revelar posibles diferenciaciones de voltaje, tensión o corriente en el sistema eléctrico y las consecuencias que producen estas anomalías, se hizo la propuesta de poner en funcionamiento un banco de condensadores de 13.5 kVAr, donde cada uno tendrá una capacidad de 4,5 kVAr para poder mejorarlo, dicho de otra manera, se obtendrán condiciones de carga mínima a los 4,5VAr y luego de hacer la conexión se llegará en cada fase 13,5 kVAr, mejorando la calidad de energía en dicha empresa.

Lo que se pretende es de poder cuantificar los parámetros referentes a la calidad de las ondas de las tensiones y las corrientes de las diferentes dependencias que la conforman y poder suministrar un documento de consulta que recopile la información de la evaluación de la calidad de la energía eléctrica y sirva de instrumento para evaluar las diferentes recomendaciones de mejoramiento, tal y como lo describe Raúl Vizcaíno Torres (2017), en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Eléctrico y Electrónico titulada “Análisis de la Calidad de la Energía del Sistema Eléctrico de la Zona Cultural Universitaria de la UNAM”. Cuyo objetivo principal fue presentar un análisis de la calidad de la energía del sistema de distribución subterráneo de la ZCU. Concluyendo que deben llevarse a cabo las recomendaciones desplegadas en dicha investigación para llegar a solucionar los parámetros de calidad de la energía en la ZCU.

### **1.2.2. Nacionales**

Al utilizar instrumentos de medición y calidad de la energía para verificar que estén dentro de los parámetros aceptados en el marco internacional se alcanzaría proponer elaborar un modelo del sistema eléctrico dentro de la empresa para poder plasmarlo en una metodología capaz de encontrar soluciones para los altos consumos por energía reactiva los cuales afectan en los costos de forma negativa a la empresa que se le suministra la energía, Ramos E. y Riveros S. (2018) realizaron un estudio la ciudad de Puno, concluyendo que a través del modelo mencionado se le recomendaría la instalación de una batería de condensadores para solucionar el problema de la energía reactiva, donde obtuvieron resultados favorables.

Una de las formas para poder medir los niveles de la calidad del suministro es mediante un analizador de redes y determinarlo experimentalmente, identificando si el sistema es eficiente o deficiente, de acuerdo a una investigación de Machaca J. y Coila A. (2017) también en la ciudad de Puno, utilizaron este instrumento de campo para poder dar opciones de solución y poder optimizar todo el sistema eléctrico de la universidad donde se desarrolló el estudio, se encontraron pérdidas de energía reactiva y se encontró armónicos de corriente, recomendando instalar filtros pasivos paralelos LC-resonante y mediante un estudio económico se logra comprobar que el tiempo de retorno es aproximadamente de 2 años.

Una metodología para poder calcular las pérdidas técnicas en el sistema eléctrico, para poder acercarse en lo posible y obtener un mayor beneficio para la empresa, llegando a manejar la información mediante programas especiales de computación asegurando un alto grado de certeza en el caso de pérdidas técnicas de la red, así como lo señala Jiménez S. (2005) en su estudio realizado en la ciudad de Lima, ratifica el uso de una metodología de calidad de energía y finalmente indica que este estudio será un punto de partida para la realización de futuros trabajos de investigación relacionados con las pérdidas técnicas de energía eléctrica.

Las diferentes empresas que se encargan de transmitir la energía eléctrica en el Perú han realizado y aplicado sistemas de gestión de calidad como resultado de las motivaciones dentro de las mismas y además de ello por las estimulaciones recibidas por: las políticas de la organización central y buscar la mejoras en sus procedimientos en su sistema. También concluyen de la misma manera los autores Cáceres C., Alexis, Flores R., Oswaldo y Gutiérrez Z., Javier (2017), en su trabajo de investigación denominada “Gestión de la Calidad en las Empresas de Transmisión de Energía Eléctrica en el Perú”, cuyo objetivo fue poder reconocer la apreciación de los que colaboran con las empresas de transmiten la energía eléctrica en el Perú y de las que ejecutan el AOyM, en relación a la gestión de la calidad; además de poder reconocer los motivos más importantes que dieron pie a complementar y realizar un sistema de gestión de la calidad para poder determinar cómo éste sistema ha colaborado para el buen desarrollo de ésta empresa. Coincidentemente con lo determinado, en las investigaciones

realizadas por Casadesús et al. (2001), Singels et al. (2001), Martínez y Martínez (2002), entre otros, cabe agregar que, la importancia de aplicar una cultura de calidad está asociado directamente a la organización central, es decir que no se han referenciado en empresas asociadas, consorcios u otros grupos de organizaciones.

Para poder posibilitar la mejora de la calidad de la energía es necesario comprobar la buena calidad de la misma en relación a la tensión, la frecuencia, la intensidad de corriente y la forma de onda, contrastando los rendimientos del análisis que estén acorde con el marco regulatorio y las normas técnicas vigentes (NTCSE), reconociendo las probables fallas que puedan ocasionar las llamadas caídas de tensión, llegando a proponer soluciones para dar fin al problema determinado, y realizar una evaluación financiera favorable y sea económicamente rentable, así como lo detalla Campos G., Mario (2017), en su trabajo de investigación titulado “Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la factoría servicios industriales AYBAR – Cajamarca”. Cuyo objetivo fue realizar un análisis de los indicadores eléctricos en la Factoría Servicios Industriales AYBAR. Concluyendo que existe una mala calidad del producto, en cuanto a la tensión (V), debido a la sobre-tensión y sub-tensiones, de acuerdo a la investigación se podrán elaborar los planos eléctricos, realizar inventarios de equipos y máquinas, para determinar la potencia instalada, hacer un dossier de calidad, elaborar un plan de mantenimiento eléctrico con acciones predictivas, correctivas que se ajusten al tipo de máquinas, para reducir gastos de dinero mensuales por el consumo de energía reactiva. Según la evaluación económica también se puede determinar si están correctamente situados en el plan tarifario dependiendo del nivel de consumo actual de la energía eléctrica y no incurrir en gastos innecesarios.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Marco Legal**

En el Perú, desde la promulgación de la Ley de Concesiones Eléctricas en el año 1992, el Ministerio de Energía y Minas (MEM), OSINERGMIN que es el ente que lo regula, las empresas que generan, transmiten y distribuyen, además de las instituciones del estado y además de todos los involucrados en el sector, han

realizado esfuerzos para un desarrollo sostenible, tanto en la eficiencia y el equilibrio en el mercado energético, pero aún se tiene temas importantes que se deben regularizar, bajo esa perspectiva uno de esos temas es la calidad del servicio.

En la actualidad, según la normativa internacional en referencia a la calidad de la energía eléctrica y la polución de las corrientes armónicas hacia la red eléctrica, han presentado particular interés en relación con las perturbaciones que se presentan en la onda de la tensión que suministró la red eléctrica. Esta onda de tensión para que sea ideal tiene que ser una senoidal además de una frecuencia constante; no obstante, en la práctica esto no llega a pasar, se presentan unas perturbaciones en la onda de la tensión tales como: ruidos en modo diferencial o común, impulsos eléctricos, diferenciaciones rápidas o lentas de tensión, parpadeos o los llamados flickers, la distorsión armónica y variaciones de frecuencia. Si en el sistema eléctrico no hubiese usuarios que estén usando esta red eléctrica, la onda de tensión se mostraría con una onda de tensión de una buena calidad, ésta se vería en ocasiones de forma perturbada en los centros desde donde se genera, se distribuye o también que pueden deberse a descargas atmosféricas, en la mayoría de los casos. Sin embargo, habiendo una cantidad enorme de usuarios conectados a un sistema de red eléctricas, en éste panorama son sometidos a un alto número de cargas eléctricas y aunque funcionen de manera correcta llegan a alterar las ondas de tensión con caídas permanentes o las transitorias excesivas e inyección de corrientes armónicas; debido a ello las cargas anómalas pueden producir averías y consumos irregulares o hasta cortocircuitos, estas cargas eléctricas que se encuentran conectadas en la red pueden trascender de forma negativa en cualquiera de algunos puntos cercanos.

En tanto, la calidad de la energía eléctrica se encuentra regulado por la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE); dentro de éste marco se ha determinado los parámetros tales como “N” y “D” dando referencia al cálculo de las paradas en la energía eléctrica para los usuarios finales, así como también otros indicadores que estiman la productividad de su operación de las instalaciones eléctricas, son denominados “SAIFI” y “SAIDI”, los encargados de realizar las labores de estimación son aquellas empresas que distribuyen la electricidad al cliente.

En el parámetro denominado “N”, el cual suma el todas de las paradas por usuario en un determinado período, no se considera las paradas que son menores a 180 segundos, ni siquiera en los sucesos más preponderantes, de igual manera las paradas que están dentro de una programación para ampliación o labores de refuerzo para todo el sistema, están incluidas pero son determinadas bajo un criterio. El segundo indicador es “D” que es el tiempo total ponderado de las paradas por usuario en el semestre, vale decir es la suma de todas las duraciones de forma individual y ponderada de todas las interrupciones en el sistema eléctrico dirigidos al usuario a lo largo del semestre expresado en tiempo.

La norma técnica de calidad de los servicios eléctricos (NTCSE) determina los márgenes hasta su mayor magnitud de parámetros de N y también de D, que las distribuidoras tiene la responsabilidad hacerlas cumplir dentro del marco regulatorio; asimismo si llegan a sobrepasar los valores máximos definidos deberán indemnizar a los usuarios finales. Las verificaciones de la calidad de la energía eléctrica se hacen en un período semestral y están incluidas el total de las interrupciones de energía en la red.

Existen dos indicadores el primero es SAIFI que significa (System Average Interruption Frequency Index) y SAIDI que se denomina (System Average Interruption Duration Index) por sus siglas en inglés, el primero está dirigido en valorar con qué frecuencia se dan las interrupciones en relación con la debilidad de las instalaciones eléctricas. El segundo indicador está ligado a calcular el lapso cuantificado en tiempo de las paradas del servicio, este indicador está vinculado directamente con la gestión que hacen las empresas que distribuyen y poder hacer la reanudación del servicio si se produce alguna interrupción en el sistema, OSINERGMIN fija el cumplimiento deseable de todos los sistemas eléctricos para el cálculo tarifario determinado en el marco legal que corresponde.

Por lo indicado anteriormente, es relevante darle la debida importancia a la calidad de la energía eléctrica ya que nos va dar el aval necesario para minimizar los costos por paradas no programadas a causa de éstas perturbaciones y a su vez las fallas producidas en los equipos y maquinarias necesarias para el correcto proceso productivo de la organización, se examinará si los límites máximos y mínimos de la calidad de los servicios eléctricos están dentro de lo

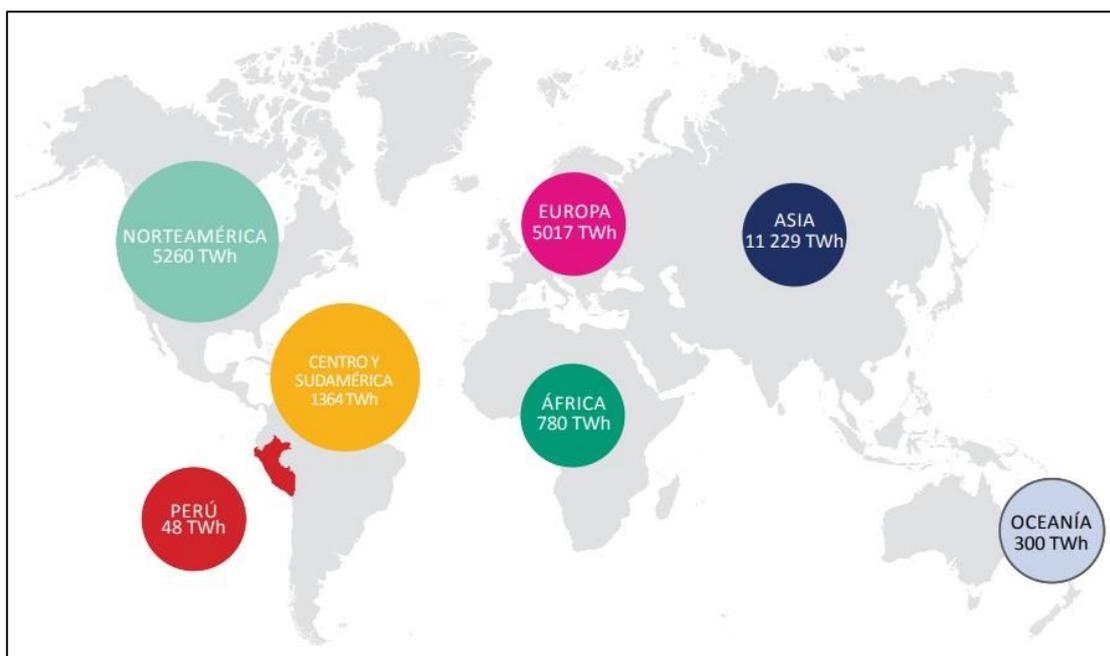
regulado en la Norma Técnica de Calidad de Suministro Eléctricos (NTCSE), y determinar si los valores son los apropiados para asegurar el buen abastecimiento de energía eléctrica y que sea de buena calidad.

El presente informe dará a entender un conocimiento apropiado de cómo se genera, de cómo se propaga y los efectos que se dan a consecuencia de estas perturbaciones, determinar qué tan sensible son los equipos involucrados en la red eléctrica, analizarla y tomar control del sistema en el cual se basa el desarrollo de ésta investigación, concluyendo y recomendando soluciones que se apliquen de manera exitosa y así poder disminuir o eliminar estos impactos perjudiciales, con lo cual las organizaciones podrán desarrollar sus actividades contando con una energía de calidad dentro y fuera de sus instalaciones, mejorando sus procesos, aumentando la vida útil de los equipos y por consiguiente reduciendo costos que es el objetivo principal del presente documento.

### **1.3.2. Generación de Energía Eléctrica**

Dentro nuestro medio, la electricidad se produce a través de las empresas del estado, así como también como de empresas privadas, cada una de ellas están dedicadas a la generación de energía eléctrica tanto de una central hidroeléctrica o una central termoeléctrica. Dicha labor está estipulada en el marco legal donde se desenvuelve un entorno comercial que no se encuentra delimitado con las regulaciones pertinentes, en otras palabras, se desarrolla en un libre mercado, significa que una organización cualquiera tiene la prerrogativa de asentar máquinas para la labor de generar energía eléctrica. No obstante, si una empresa llega a generar niveles que sobrepasen los 500 KW, a través de la explotación hidráulica o por método geotérmico para centrales eléctricas, necesitan permiso especial del MINEN (Ministerio de Energía y Minas). Las organizaciones que se encargan de la generación comercializan a las distribuidoras o también llamados “clientes libres” (que tiene niveles mayores de consumo a 2 500 kW). Los encargados de ocuparse de los servicios eléctricos a nivel público y así poder distribuirlo para ese fin, se le asigna una “Tarifa en Barra” asignada por el ente regulador, en este caso OSINERGMIN.

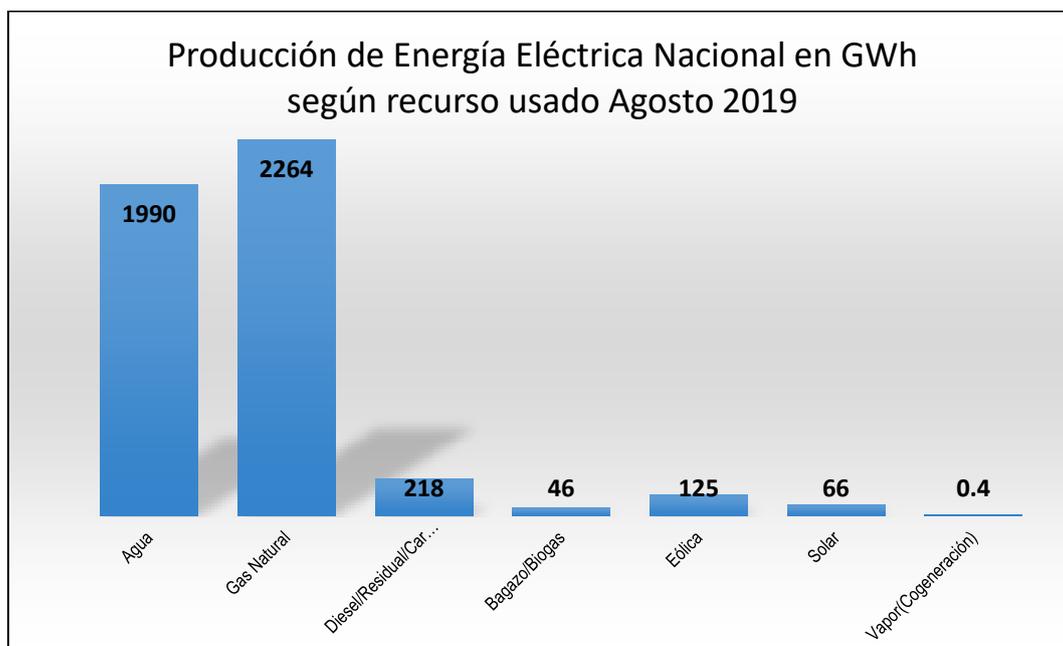
Figura 2: Distribución de la producción de Electricidad en el Mundo, 2015



Fuente: ONU y MEM

En la figura 2, podemos observar que el continente asiático tuvo la mayor participación en la generación eléctrica reafirmando su alto nivel en este rubro, por otro lado, Perú tuvo una producción de 48 TWh.

Figura 3: Producción Eléctrica en agosto 2019-Perú

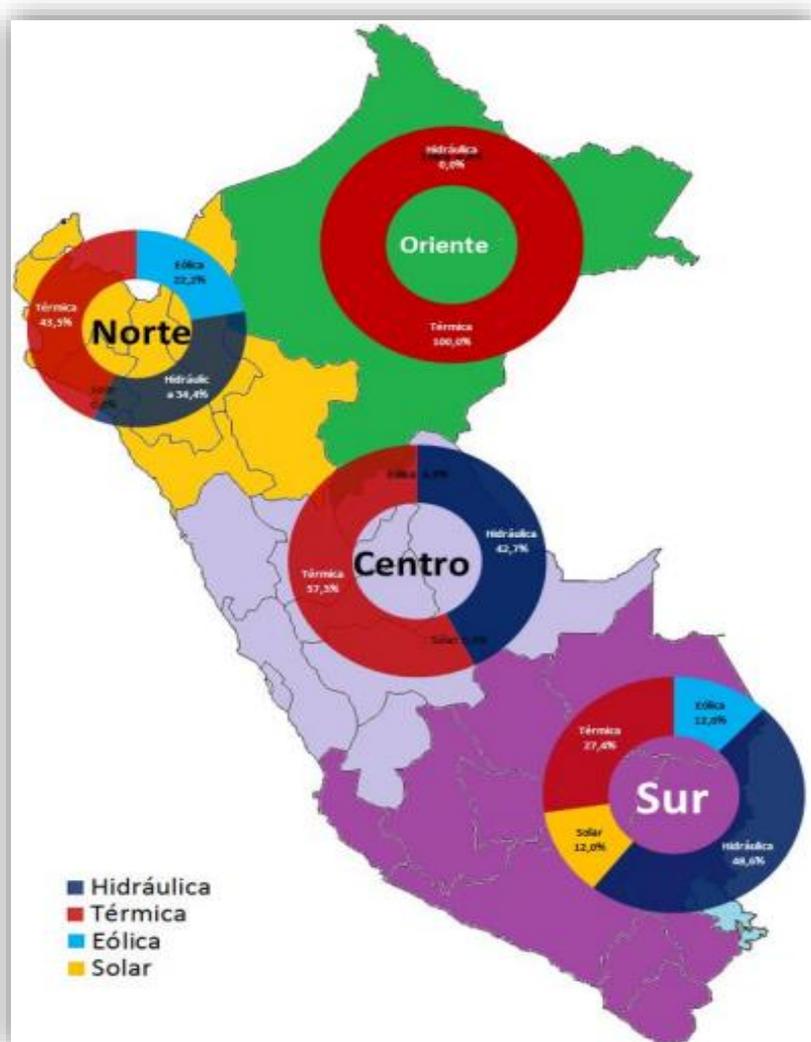


Fuente: MEM

En la figura 3, se observa que los principales recursos para producir electricidad en el territorio peruano se dan a través de centrales hidroeléctricas y las centrales geotérmicas, siendo este último el de mayor participación.

En la figura 4, se presenta la contribución por origen del recurso, así como también como se divide la producción de energía eléctrica por cada zona del Perú.

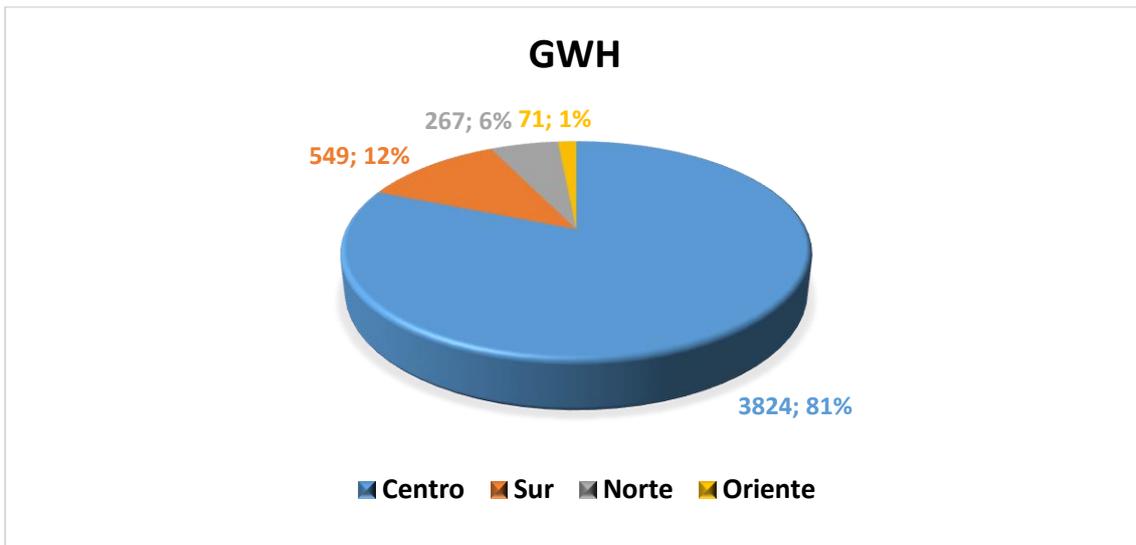
Figura 4: Participación por origen y zona del país en la producción eléctrica



Fuente: MINEM

Se observa claramente la contribución por cada tipo de recurso, tales como la hidráulica, térmica, eólica y solar, además se presenta por cada zona del Perú donde se elabora la producción de energía eléctrica, también registrado en el mes de agosto del 2019.

Figura 5: Producción de GWh por región



Fuente: MINEM

En la figura 5 se nota que en la región del Centro se produce la mayor proporción de energía eléctrica en el Perú, representando el 81% de la producción nacional.

### 1.3.3. Transmisión de la Energía Eléctrica

En la normativa para la concesión de energía se constituyó un par de formas para poder transmitir la energía eléctrica, el SPT que referencia a un canal primario para la transmisión y el SST que a su vez refiere a un canal secundario. Después en la Ley N.º 28832, donde inician la marcha de dos tipos adicionales más, el SGT es el sistema que garantiza la transmisión y el SCT el cual es un sistema que complementa la transmisión.

La finalidad principal de transmitir la energía eléctrica es la de transportarla a partir de los generadores hacia los clientes, para esta labor son usadas las líneas de transmisión y subestaciones de transformación.

El sistema principal de transmisión conforma a todas las rutas que transmiten las cargas de mayor tensión, mediante este régimen integrado y la reunión de los generadores posibilita la reciprocidad de energía eléctrica y el libre comercio de la electricidad. En tanto, el sistema secundario para la transmisión es constituido por las rutas para transmitir una menor tensión y que trasladan la energía eléctrica en dirección a un agente que distribuye o a un usuario mediante el sistema principal de transmisión.

Asimismo, el SCT está compuesto por los montajes y puesta en marcha de un Plan de Transmisión que se realizan a través de un concurso para poder licitar esta labor. Igualmente, el sistema que garantiza la transmisión se encuentra conformando este Plan, donde encontramos que por iniciativa de uno o varios agentes se promociona su construcción. Incluso, las instalaciones en su totalidad que no forman parte del Plan de Transmisión pertenecen al SCT.

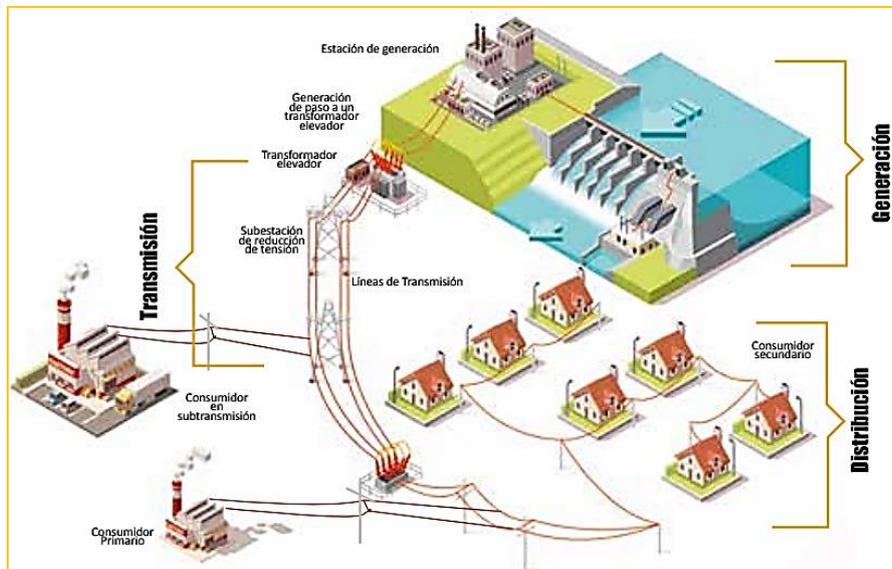
También se tienen algunos agentes de distribución que utilizan la infraestructura del SST y SCT, tienen como deber cumplir con los compromisos que le corresponde a cada concesionario de transmisión.

#### **1.3.4. Distribución de la Energía Eléctrica**

La tarea de distribuir la energía eléctrica se realiza partiendo desde una barra de transmisión hacia donde se encuentra el usuario final. En la etapa donde se transporta la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los consumidores, donde los sistemas eléctricos son de media tensión, razón por la cual se las transforma a baja tensión para que llegue al usuario final en 220 V. o 380 V.

La distribución de energía eléctrica está manejada por determinadas empresas que comercializan a cada uno de sus clientes, éstos pueden ser clientes regulados y/o clientes libres, los clientes regulados se les venden dentro de un aspecto reglamentado teniendo como el precio, su factor más controlado y por su parte, el segundo que son los clientes libres se establece en un mercado de libre comercialización, donde no se controla el precio. Teniendo a la distribución como una labor debidamente regulada, tiene algunas responsabilidades que debe cumplir en el aspecto comercial, donde tiene que ofrecer un buen servicio a los usuarios finales, acogerse al precio determinado por el ente regulador, establecer normativas para que todas sus operaciones sean completamente seguras, además del buen funcionamiento de sus instalaciones.

Figura 6: Cadena de Valor de la Energía Eléctrica



Fuente: GPAE-Osinerning

### 1.3.5. La Calidad de la Energía – Variable Independiente

La calidad de la energía ha representado por mucho tiempo una inquietud significativa para todas las empresas industriales en su mayoría, no obstante, se tiene que determinar la definición de una buena calidad de energía, para poder llegar a una buena comprensión de este concepto, ya que podemos decir que la carga de energía es buena para una máquina definida pero no lo es para otro equipo debido a su nivel de sensibilidad.

Una definición exacta de la calidad de energía es un poco imprecisa, pero podríamos indicar que se hace referencia a la inexistencia de interrupciones, sobretensiones y deformaciones originadas por las armónicas de la red eléctrica, así como también las variaciones de los voltajes rms al usuario final, comprometiendo directamente la continuidad y estabilidad del suministro eléctrico.

La calidad de la energía es una interrelación entre los tantos equipos electrónicos y la energía eléctrica. Si los equipos eléctricos efectúan normalmente y de manera confiable su funcionamiento, sin llegar a tener deterioros, se concluye que se tiene una buena calidad de energía, en cambio, si los equipos eléctricos ejecutan su labor de una manera no conveniente, donde no presentan garantías

de su buen funcionamiento, o en todo caso se presentan desperfectos en su uso diario, entonces se determina que la calidad de energía es mala.

Se puede decir que la finalidad de la calidad de la energía es determinar procedimientos positivos para poder corregir las variaciones del voltaje e interrupciones por parte del cliente final y plantear alternativas de solución ante las deficiencias de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, dando como resultado una energía de calidad.

Las fallas más incuestionables son los cortes o interrupciones, donde pueden durar desde segundos hasta horas, además de las caídas de tensión, donde no llegan a los valores normales. En general, los cortes o interrupciones representan un verdadero problema para los clientes finales, ya sea por un corto o largo plazo de tiempo, se van a ver perjudicados, ya que algunos de ellos poseen con equipos o maquinaria que son muy susceptibles a estas irregularidades en la energía eléctrica.

Desde otro punto de vista se definiría que la calidad de la energía es encontrarse entre los niveles tolerables de las desviaciones de la energía que se suministra a un sistema eléctrico.

Hay que considerar estos parámetros para el buen flujo de energía, lo siguiente:

- La continuidad de servicio.
- La variación en el voltaje y su magnitud.
- Transitorios de voltaje y corrientes.
- Armónicas contenidas en la forma de onda.

Se presentan en cuatro condiciones para poder contar con una buena calidad de la energía y que deben de realizarse:

1. Debe existir un suministro eléctrico continuo (sin interrupciones).
2. El valor del voltaje eléctrico debe encontrarse en los rangos permitidos.
3. La frecuencia de la energía debe ser estable.
4. Y, por último, la energía eléctrica debe ser lo más cercano a una forma de onda sinusoidal pura. (Marroquín, 2012).

### **1.3.6. Parámetros de la Calidad de la Energía**

Las perturbaciones eléctricas han ido cambiando a medida que ha pasado el tiempo, de modo que su descripción y la forma como se presentan no

necesariamente son los mismos, así como también la importancia entre una clase y otra. Uno de los primeros tipos de perturbaciones atendidas se denominaron los armónicos ya que eran producidas por los generadores de corriente alterna, a esto le debemos de agregar la invención de equipos electrónicos en grandes cantidades.

Una buena calidad eléctrica nos señala que el nivel con el que un sistema eléctrico puede sostener una o varias operaciones de una forma eficaz y confiable en cada una de sus cargas, la calidad se va degradando a medida de la presencia de éstas perturbaciones que se generalmente se producen en las propias instalaciones o que también proceden del exterior, la mayor cantidad de las empresas minusvaloran este impacto de la pobre calidad eléctrica del sistema en la organización, cuando se genera alguna anomalía en el suministro eléctrico la mayoría se le atribuye a la empresa eléctrica encargada de la red, sin embargo, por lo menos 2/3 de las veces son provocadas en las propias instalaciones de la organización, con el paso del tiempo va aumentando la cantidad de componentes para equipos electrónicos e informáticos, variadores de velocidad en motores eléctricos, balastos electrónicos en la iluminación o cables largos o de reducida sección. Estas perturbaciones se originan mientras que estos equipos funcionan de manera normal y por ende son transmitidas a toda la red de las instalaciones eléctricas.

En la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos con Decreto Supremo N° 020-97-EM (MEM 020-97-EM) se toman en cuenta a la tensión, la frecuencia y las perturbaciones, dentro de las perturbaciones cabe mencionar a los armónicos y los flicker, que más adelante se detallaran sus definiciones.

### **1.3.7. Clasificación de Perturbaciones de la Energía Eléctrica**

Está compuesto por todos los eventos que perjudican al buen funcionamiento de algún equipo, maquinaria o sistema eléctrico. Las perturbaciones son provocadas por las condiciones donde se desarrollan y del sistema eléctrico que utilizan. Las situaciones donde se suscitan estas perturbaciones normalmente son a consecuencia de los fenómenos atmosféricos.

Al momento de medir la calidad de la energía eléctrica se hace la verificación de que la corriente y la tensión estén acorde con los parámetros determinados y establecidos por las normas. Es un factor de suma importancia el tiempo que duran las perturbaciones, que van desde períodos muy cortos, que pueden ser por varios períodos, desde segundos y hasta minutos de duración.

Las perturbaciones eléctricas se pueden detectar de varias formas como ordenadores; que se cuelgan, luces y monitores que parpadean, motores sobre calentados citar algunos elementos disparo intempestivo de protecciones y elevadas facturas. Si estas señales se ignoran los equipos de su instalación podrían dañarse y los procesos clave de su actividad empresarial detenerse.

Las perturbaciones de la energía eléctrica dan como consecuencia dos efectos, que son los siguientes:

- **Efectos inmediatos:** Operaciones imprevistas de contactores, actividad errónea o detenciones de maquinarias
- **Efectos diferidos:** Faltas de energía, antigüedad de maquinarias que producen recalentamientos y sobre esfuerzo de su sistema, ocasionados por las perturbaciones.

Los costos de un mal suministro eléctrico pueden ser notables; cuando se para la producción por una perturbación eléctrica se pierden ventas y disminuyen los beneficios, las interrupciones pueden surgir al final del proceso de fabricación obligando a retirar productos casi acabados.

Si en la organización se utilizan servidores y ordenadores se piensa en el tiempo y dinero perdido al reiniciarse estos equipos, recuperando transacciones pérdidas o rescribiendo archivos no guardados.

Cuando las operaciones se interrumpen de una manera intempestiva a causa de una perturbación eléctrica resulta en ese momento, difícil y costoso determinar el origen del problema y restablecer la producción, no olvidemos también como sube la facturación por una mala calidad del suministro , por ello para garantizar una buena calidad eléctrica es necesario llevar a cabo inspecciones frecuentes con los instrumentos de medida adecuados tener en cuenta que solo los instrumentos diseñados específicamente para registrar y analizar los

paramentos de la calidad eléctrica le permitirán el origen de las perturbaciones y diagnosticar el problema correctamente.

Los datos obtenidos van a ser de utilidad para su mantenimiento predictivo dentro de sus instalaciones, pues estas permiten detectar las perturbaciones en una etapa incipiente a un no perjudicial. Estas perturbaciones se definen en base a su magnitud y duración, si superan la tolerancia del equipo este puede dejar de funcionar correctamente e incluso dañarse; las perturbaciones típicas que afectan al suministro son: caída de tensión, sobre tensiones, distorsión armónica, desequilibrio de tensión, flicker, transitorios.

Tomando como base la teoría se plantea la dimensión 1 de la variable independiente Control de Perturbaciones y su respectivo indicador:

*Tabla 2: Dimensión 1 (Nivel de Perturbaciones Actuales)*

| DIMENSIÓN 1                                    | INDICADOR  |
|--|--|
| <p><b>Nivel de Perturbaciones Actuales</b></p> | <p><math>\frac{\# \text{ Perturbaciones actuales}}{\# \text{ Total de Variables eléctricas evaluadas}} \times 100\%</math></p> |

*Fuente: Elaboración Propia*

Para un mejor entendimiento se definirá de una manera clara y resumida cada una de estas fallas (variables) realizamos una descripción:

**- Caídas de Tensión**

Se define como una disminución brusca de la tensión hasta llegar a valores por debajo del 90% cuando normalmente es su valor promedio y su duración puede ser de alrededor de 10ms a 1minuto; estas perturbaciones eléctricas son las más frecuentes.

Estas se originan en: La conexión y desconexión de una gran carga como puede ser un compresor de un aire acondicionado, o un motor de gran potencia.

Las consecuencias que pueden ocasionar son:

- Fluctuaciones o parpadeo en la iluminación.
- Reinicio de las computadoras u ordenadores.

- Paradas intermitentes de variadores de velocidad.

#### - **Sobre Tensiones**

Viene a ser el aumento repentino de la tensión sobre el 10% de su valor nominal, las sobre tensiones producen el disparo de los equipos de protección automáticos de los equipos y maquinarias eléctricas. Suelen generarse por el decrecimiento de la carga aguas arriba.

Estas traen como consecuencia:

- Daño en los motores eléctricos.
- Disminución de la vida útil de los equipos de iluminación.

#### - **Distorsión Armónica**

Es la distorsión de la onda senoidal de la tensión; tienen su origen en las instalaciones que consumen corrientes a frecuencias distintas a 50Hz.

Estas traen como consecuencias:

- Sobre calentamiento de cables, motores y transformadores.
- Disparo intempestivo de interruptores, relay, y fusibles.

#### - **Desequilibrio de Tensión (Desbalance)**

Esta perturbación hace referencia entre las tres, tensión de un sistema trifásico, para mantener un equilibrio se debe hacer un reparto simétrico de las cargas en las tres fases.

Sus orígenes de estas perturbaciones se originan a raíz que no existe una buena distribución de cargas en las tres fases o se no hay un reparto simétrico.

Estas traen como consecuencias:

- Una inestabilidad en la tensión por encima del 2% produce un fallo precipitado de los motores eléctricos y otras cargas trifásicas en el sistema.
- Las cargas que se encuentran alejadas del tablero principal soportan una mayor anomalía, debido a esto se tiene que realizar las comprobaciones con mayor frecuencia.

#### - **Flicker**

Son aquellos parpadeos que se producen en los sistemas de iluminación incandescente, a consecuencia de las fluctuaciones periódicas de la tensión a frecuencias de hasta 30Hz.

Se suelen originar con las cargas eléctricas que trabajan en un régimen cíclico de arranque y parada, no obstante, esta perturbación no afecta a los equipos, es molesto para la persona. Esto trae como consecuencia que una fluctuación de tensión del 0.5% a 9Hz es perceptible y puede provocar un dolor de cabeza.

#### - **Transitorios**

Son súbitas elevaciones de la tensión con duración de milésimas de segundo.

Se originan en la conexión y desconexión de equipos eléctricos grandes hasta inclusive provocados por los rayos o fenómenos atmosféricos.

Las consecuencias de los transitorios pueden hasta destruir los componentes electrónicos de los equipos, bloquear las computadoras, originando errores en la transmisión de datos digitales o dañar los equipos de seguridad de los motores eléctricos y además de otros equipos complementarios.

#### **1.3.8. Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) – Variable Independiente**

El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) es una herramienta de calidad que contribuye a identificar y prevenir los modos de falla, tanto de un producto como de un proceso, así como también en un sistema, donde se analiza de forma objetiva sus efectos, sus causas y la forma de identificarlos, para evitar que ocurran y obtener una metodología sincera para la prevención (Salazar, 2019).

Para la revista Tecnología, Ciencia, Educación (ISSN: 0186-6036), Instituto Mexicano de Ingenieros, el Análisis de Modos de Falla y Efectos, AMFE (FMEA, por sus siglas en inglés), se realiza una relación entre la jerarquización del grado de criticidad del riesgo, que son usualmente utilizados para la elaboración de un planeamiento para el mantenimiento centrado en la confiabilidad, mediante ello se logra tener una mejor comprensión de todo el sistema, así como también de todas las actividades que están relacionadas y de las diferentes formas que pueden presentarse las fallas en los equipos y maquinarias que componen un sistema. Luego de aplicar las recomendaciones del caso procedente de un

AMEF, se determinan como tareas o labores de mantenimiento. Con este sistema se logra poder definir una estrategia integral de mantenimiento adoptándose criterios de riesgo para cada equipo o maquinaria, definido en la evaluación, de esta manera se podrá apreciar el impacto que producirá en el riesgo del sistema, así como también, asegurar que este plan de mantenimiento sea ejecutado a los equipos y maquinarias que representan un mayor riesgo para las personas, el medio ambiente, la producción e instalaciones de la organización.

El AMEF por otro lado, se define como un procedimiento para proponer una metodología para poder prevenir situaciones específicas en las operaciones y que mediante esta herramienta se puede llegar a detectar, debido a su dinamismo, en este documento se puede recabar y clasificar mucha información sirviendo de gran importancia a las organizaciones (Salazar, 2019).

#### **1.3.9. Tipos de AMEF**

- **Productos:** Cuando se aplica esta herramienta a un producto aumenta las posibilidades de adelantarse a los posibles modos de fallas o errores en el diseño y no perjudicar al cliente final.
- **Procesos:** Cuando se aplica a los procesos para poder identificar las posibles fallas en las diferentes fases de la producción, anticipando los efectos adversos al cliente final o en las siguientes fases del proceso de producción.
- **Sistemas:** Cuando se aplica a los sistemas sirve para poder detectar posibles fallas en el diseño de algún software, aumentando las posibilidades de detectar las consecuencias de su mal diseño en relación con su funcionamiento.
- **Otros:** Se puede aplicar a cualquier otro proceso debido a su versatilidad, pudiendo detectar, clasificar y prevenir el modo de fallas y sus efectos.

En este informe de investigación se recurrirá al AMEF del tipo aplicado a los procesos, ya que está dirigido al proceso productivo de la empresa maderera que se va a evaluar, identificando la mayoría de los modos de fallas que

desfavorecen al mejoramiento de toda la línea de producción, para tal fin es necesario conocer a fondo este proceso productivo.

### **1.3.10. Identificación de Modos de falla**

Se puede definir un modo de falla como una manera en la que un equipo o maquinaria no tiene la capacidad de realizar su función principal, dicho de otra forma, la manera en que un equipo o maquinaria falla. A cada modo de falla le concierne una acción de atenuación o prevención, las acciones tienden ser dirigidas a desviaciones del proceso productivo, factores humanos, entre otros, en general el objetivo principal del AMEF es proyectar un plan de mantenimiento, de modo que cada falla le competará una tarea de mantenimiento y no incurrir a mantenimientos correctivos por paros no programados que ocasionan retrasos y elevados costos de reparación.

### **1.3.11. Metodología para el desarrollo del AMEF en un proceso**

Es necesario previamente la recopilación de toda la información posible en relación con los elementos a evaluar y realizar los pasos a seguir que se describen a continuación:

- Elaborar un mapa del proceso en forma gráfica.
- Conformar un equipo especialista de la línea de producción.
- Definir la criticidad del proceso productivo.
- Diagnosticar las fallas probables en cada uno de los procesos.
- Señalar las causas del modo de falla y valorar la ocurrencia.
- Indicar el nivel de detección del modo de falla.
- Calcular el número de prioridad de riesgo para cada modo de falla.
- Efectuar las acciones preventivas, de corrección o mejoramiento.

Basándonos en la teoría se plantea la dimensión 2 de la variable independiente, análisis del modo y efectos de fallas:

Tabla 3: Dimensión 2 (Análisis del Modo y Efecto de Fallas)

| DIMENSIÓN 2                          | INDICADOR  |
|--------------------------------------|--|
| Análisis del Modo y Efecto de Fallas | $\frac{\text{NPR POST TEST}}{\text{NPR PRE TEST}} \%100$ |

Fuente: Elaboración propia

### 1.3.12. Costos de paradas no programadas – Variable Dependiente

Según Amendola (2006); "Un plan de parada de planta es un procedimiento de tareas destinados a emprender trabajos que no pueden ser realizados durante el trabajo corriente de la planta de producción y principalmente están orientados a la sustitución de partes o elementos por término de su vida útil de duración, revisión de equipos, incorporación de mejoras o modificaciones y correcciones de fallos."

En estudios realizados actualmente indican que el 90% del modo de fallos en máquinas suceden principalmente a causa del mal funcionamiento de sus componentes internos, como por el ejemplo el caso de un motor principal que depende del funcionamiento de una máquina dentro de la línea de producción. De esta manera, el mantenimiento correctivo del equipo es una práctica muy onerosa, ya que conlleva a paradas no programadas y los daños provocados por las fallas de los equipos. Las recientes demandas de calidad determinan que cada vez es más necesaria el uso de sistemas de monitoreo y detección de fallas, de modo que no se interrumpa el proceso productivo.

### 1.3.13. Administración de una Parada de Planta

Dentro de la aplicación de las paradas de planta proporcionan una ocasión para poder hacer intervenciones a los diferentes equipos y maquinarias, que dentro de lo normal no se encuentran disponibles o en algunas ocasiones están en un breve o escaso período de tiempo en para. En definitiva, la pérdida puede ser recuperada hasta con una mejor funcionalidad de la que tenía anteriormente dentro del período de una parada de planta.

#### **1.3.14. Supervisión de costos y presupuestos de una Parada de Planta**

Realizar un control eficiente relacionado a los costos que se asocian con todo lo relacionado de una parada de planta, tales como planificar, ejecutar y dirigir la labor de parada de planta, se tiene que determinar las tareas y pasos a seguir en el desarrollo principal y poder ceñirse al reconocimiento de la relevancia en una parada de planta. La mayor parte de los que llevan el control de los costes y gerentes a cargo del negocio persisten en que el proceso de una parada de planta se realice sin exceder los costos estimados en el planeamiento general, indistintamente de los cambios realizados en el progreso de la ejecución. Los riesgos a que se supere los costos que se presentan mediante las labores que no estaban contempladas en el planeamiento de una parada de planta necesariamente hay que inspeccionarlo para no generar sobrecostos durante la puesta en marcha del proceso, para poder lograr un control del presupuesto y los costos relacionados por unidad de medida. Una vez que son determinados en la directiva de una parada de planta, los sistemas para poder controlar los costos planificados en el plan son manejados en el mismo presupuesto del plan; pese a la variabilidad de la relevancia y también de las dificultades imprevisibles. Llevando los costos de una parada de planta de manera controlada por cada área que tiene la responsabilidad directa de la ejecución, cada uno de ellos debe tener un nivel de sensatez para el reconocimiento de las actividades a realizar, para llevar a cabo un reporte de control de costos a los responsables del planeamiento. Hay que tener una clara idea de que la correspondencia entre los costos, tareas realizadas y las injerencias que no son directas en un proyecto de parada de planta. Los integrantes deben de tener un entendimiento entre la relación entre el control del costo y las labores del tipo contable. Se realiza desde mucho antes el planeamiento de los costos relacionados a una parada de planta ya sea de información conocida, además de los valores reales de una parada de planta de forma correcta. Además, el control de los costes debe ser dinámico y continuo.

#### **1.3.15. Costes de Fallos**

El coste de fallos hace referencia a los costes o pérdidas de la utilidad que la organización sostiene por causas relacionadas de forma directa al mantenimiento. Usualmente, este concepto de coste de fallos no

necesariamente tiene que guardar relación con los gastos generados por el mantenimiento de equipos, estos valores en su conjunto pueden llegar a ser superiores a los gastos tradicionales, como los costos que necesariamente se tienen que hacer, costos que cambian dependiendo la productividad de la empresa y costos de índole financiero. Esta idea se puede aplicar tanto como a las empresas de producción como a las empresas que brindan prestaciones a terceros.

### **1.3.16. Organizaciones Productivas**

En líneas generales en las organizaciones que realizan actividades productivas se dan los costes por fallo en los equipos y maquinarias, donde apuntan primordialmente a los siguientes factores:

- Mermas a partir de la materia prima.
- Disminución de la productividad de la empresa durante la realización de las reparaciones.
- Mermas energéticas por malas reparaciones en los equipos o por no realizarlas.
- Mermas de productos por baja calidad.
- Merma producida mientras se hace la reparación, disminución de ventas, baja rentabilidad.
- Daños al medio ambiente y la salud representando gastos considerables.
- Daños que representen peligros hacia el personal o que supongan riesgo a las instalaciones.

A los costes que se pueden originar en cada uno de los escenarios, se tiene que adicionar los costos para las correcciones necesarias del sistema productivo y poder estar en un mejor rendimiento.

Tomando en cuenta la teoría se plantean las dimensiones 1 y 2 de la variable dependiente, Costos de Paradas de Producción y Costos de Reparación, con sus respectivos indicadores:

Tabla 4: Dimensión 01 (Costos de Paradas de Producción)

| <b>DIMENSIÓN</b>                       | <b><u>INDICADOR</u></b>                                 |
|--|---|
| <b>Costos de Paradas de Producción</b> | <u>Valor de Madera en P2 (NP)</u><br>Hrs. no producidas |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Dimensión 2 (Costos de Reparación)

| <b>DIMENSIÓN</b>            | <b><u>INDICADOR</u></b>  |
|-----------------------------|--|
| <b>Costos de Reparación</b> | <u>Valor Mantenimiento Correctivo</u><br>Eventos de Reparación |

Fuente: Elaboración propia

## **1.4. Formulación del Problema**

Mediante lo expuesto se formula el siguiente problema general.

### **1.4.1. Problema General**

¿De qué manera el Análisis y Control de la Calidad de Energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de las máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

Desde el problema general se desprende los siguientes problemas específicos:

- ¿En qué medida el control de perturbaciones en calidad de energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.?
- ¿En qué medida el Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la calidad de energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.?

## **1.5. Justificación del Estudio**

### **1.5.1. Justificación Económica**

La investigación de análisis y control de la calidad de energía para reducir los costos de producción perdida por paradas de máquinas no programadas permitirá resolver estos problemas generando beneficios económicos significativos para la empresa, puesto que estos costos de no producción sumados a los costos de reparación pueden llegar según expertos hasta el 7% del valor de las máquinas.

### **1.5.2. Justificación Metodológica**

En la presente investigación se realiza desde un punto de inicio que son las recurrentes fallas que se generan en los equipos y maquinarias en la empresa Gestión Maderera S.A.C., el resultado de estas fallas provoca retrasos repentinos en los procesos productivos de la empresa, acarreando pérdidas económicas por no producir y no cumplir con sus objetivos de ventas. Por lo

tanto, se realiza un análisis de la calidad de energía eléctrica que procura disminuir el indicador de las fallas de los equipos de dicha empresa, desarrollando los conocimientos eléctricos para tomar decisiones y poder alcanzar un nivel óptimo de energía eléctrica para los diferentes equipos y maquinarias dentro de dicha empresa.

## **1.6. Hipótesis General**

El Análisis y Control de la calidad de energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020.

### **1.6.1. Hipótesis Específicas**

Desde la hipótesis general se desprende las siguientes hipótesis específicas:

- El control de perturbaciones en la Calidad de la Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.
- El Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

## **1.7. Objetivo General**

Demostrar de qué manera el Análisis y Control de la calidad de energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020.

### **1.7.1. Objetivos Específicos**

- Determinar en qué medida el control de perturbaciones en Calidad de Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.
- Determinar en qué medida el Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El desarrollo de la investigación presente será de tipo aplicada, ya que se analizará la posibilidad de poder solucionar los problemas, en este caso las paradas no programadas de las máquinas y equipos de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

La investigación se dará a un nivel explicativo ya que tiene como objetivos determinar las posibles causas de las fallas en función de la calidad de la energía eléctrica. Además, este estudio se hará de manera experimental porque se estudiarán cada uno de los comportamientos de los niveles de la calidad de energía eléctrica tal y como se manifiestan para poder determinar las alternativas de solución para reducir los costos de las paradas no programadas de máquinas.

El diseño de la investigación es preexperimental, con grupo pre test y post test, porque se medirá antes y después de la aplicación del Análisis y Control de la Calidad de energía determinado tiempo.

$$G = O1 X O2$$

**O1** = Medición de costos de paradas no programados antes de la Calidad de Energía

**X** = Análisis y Control de la Calidad de Energía.

**O2** = Medición de costos de paradas no programados después de la Calidad de Energía,

Dónde:

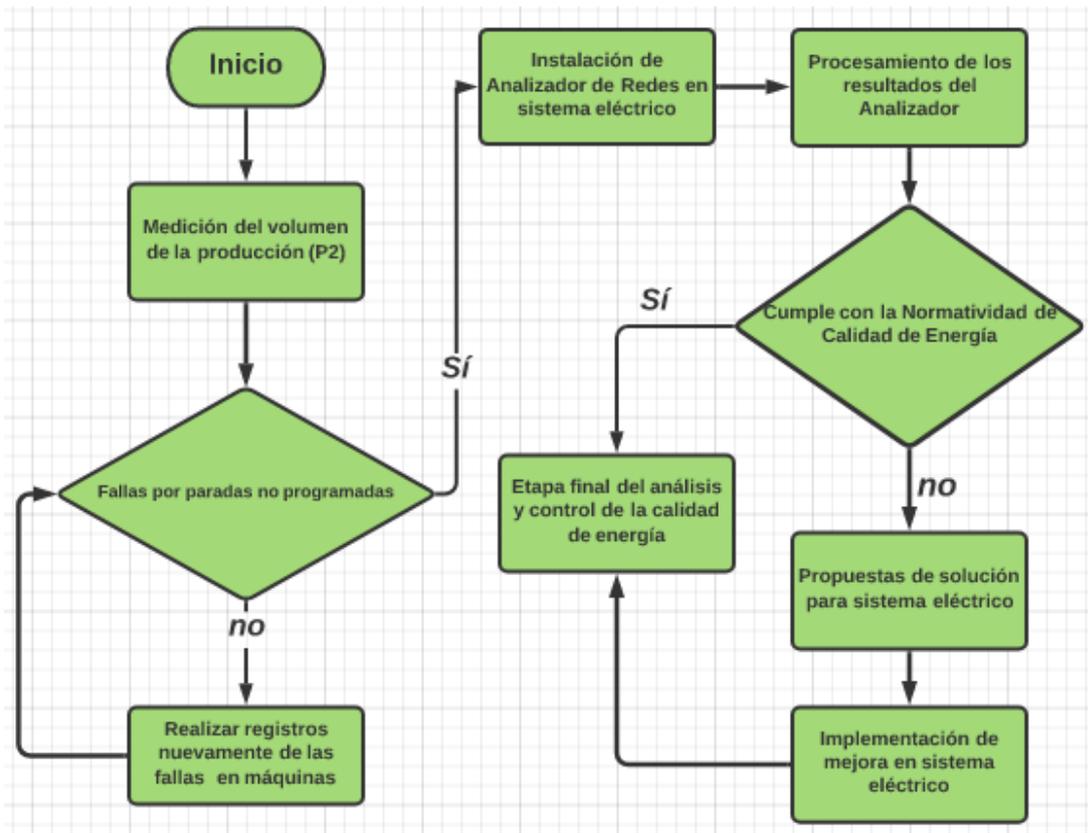
G: Grupo o muestra.

O1: Costos antes de la Calidad de Energía.

O2: Costos después de la Calidad de Energía.

X: Etapa de mejora (Estimulo)

Figura 7: Diagrama de Decisiones



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Operacionalización de Variables

### - Variable Independiente: Calidad de Energía

La calidad de energía dentro de un sistema eléctrico se podría definir como la falta de perturbaciones, tales como sobretensiones, interrupciones, transitorios, variaciones de frecuencia, armónicas en la red, variaciones de tensión, comprometiendo la estabilidad, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. (Pérez, 2008)

### - Variable Dependiente: Costos por paradas no programadas de máquinas

Los costos por paradas no programadas de máquina son todos aquellos que intervienen en un determinado tiempo o período, ya sea pérdidas de tiempo, pérdidas por hora de máquina, pérdida por mantenimientos correctivos, etc. Todos ellos representan un alto impacto en la economía de la empresa. (Mayorca, 2019, pág.76)

Tabla 6: Operacionalización de Variables

| VARIABLES   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES                          | INDICADORES  | ESCALA     |
|---|--|--|--------------------------------------|--|------------|
| <b>INDEPENDIENTE:</b><br><br><b>CALIDAD DE ENERGÍA</b>                          | La calidad de energía dentro de un sistema eléctrico se podría definir como la falta de perturbaciones, tales como sobretensiones, interrupciones, transitorios, variaciones de frecuencia, armónicas en la red, variaciones de tensión, comprometiendo la estabilidad, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. (Pérez, 2008) | En el siguiente estudio se dimensionará la Calidad de Energía con el Control de Perturbaciones y Análisis del Modo y Efecto de Fallas.   | Nivel de Perturbaciones Actuales     | $\frac{\# \text{ Perturbaciones actuales \%}}{\# \text{ Total de Variables eléctricas evaluadas}}$ | PORCENTUAL |
|   |  |  | Análisis del Modo y Efecto de Fallas | $\frac{\text{NPR Post Test \%}}{\text{NPR Pre Test}}$  | PORCENTUAL |
| <b>DEPENDIENTE:</b><br><br><b>COSTOS POR PARADAS NO PROGRAMADAS DE MÁQUINAS</b> | Los costos por paradas no programadas de máquina son todos aquellos que intervienen en un determinado tiempo o período, ya sea pérdidas de tiempo, pérdidas por hora de máquina, pérdida por mantenimientos correctivos, etc. Todos ellos representan un alto impacto en la economía de la empresa. (Mayorca, 2019, pág.76))                 | Para lograr evaluar la variable dependiente se dimensionará los Costos por paradas no programadas de máquinas con los Costos de Parada de Producción y los Costos de Reparación. | Costos de Paradas de Producción      | $\frac{\text{Valor de Madera en P2 (NP)}}{\text{Hrs. no producidas}}$                              | RAZÓN      |
|   |  |  | Costos de Reparación                 | $\frac{\text{Valor Mantto. Correctivo}}{\text{Eventos de Reparación}}$                             | RAZÓN      |

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población

“La población de estudio es el conjunto de casos, determinado, limitado y asequible, donde se definirá el cálculo de la muestra, y que cumple con una serie de criterios. Es importante tener claro que cuando se habla de población de estudio, esta expresión no se refiere únicamente a personas, sino que también se consideran a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc.; para estos últimos, podría ser más conveniente usar un término equivalente, como universo de estudio.” (Arias-Gómez, J., & Villasís-Keever, M., y Miranda, M., 2016).

En la investigación se determinó que la población es finita, debido a que se conoce todo el conjunto de agentes que serán objeto de análisis, por ello, se señala a los costos por paradas no programadas de las máquinas de la empresa Gestión Maderera S.A.C., las cuales están conformadas por 11 máquinas fijas.

*Tabla 7: Máquinas presentes en Gestión Maderera S.A.C.*

| <b>Item</b> | <b>Máquina</b>      | <b>Descripción</b>                             |
|-------------|---------------------|--|
| 1           | Sierra Cinta        | Encargada de cortar bloques de madera a tablas |
| 2           | Cepilladora 2 caras | Dirigida a desgrosar el espesor de tablas      |
| 3           | Garlopeadora        | Endereza y corrige desviaciones en la madera   |
| 4           | Multisierra         | Hace cortes longitudinales a las tablas        |
| 5           | Multilamina         | Corta longitudinalmente y desgrosa             |
| 6           | Sierra circular     | Corte manual longitudinal de tablas            |
| 7           | Despuntadora 01     | Corte transversal de maderas                   |
| 8           | Despuntadora 02     | Corte transversal de maderas                   |
| 9           | Despuntadora 03     | Corte transversal de maderas                   |
| 10          | Despuntadora 04     | Corte transversal de maderas                   |
| 11          | Moldurera           | Realiza machihembrados y molduras              |

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.2. Muestra

“En todo trabajo de investigación se debe determinar el número específico de los que participaran y será necesario incluir, con el objetivo de alcanzar los objetivos planteados. Este número se conoce como tamaño de muestra, que se calcula a través de fórmulas matemáticas o datos estadísticos”. (Arias-Gómez, J., & Villasís-Keever, M., y Miranda, M., 2016).

Para poder determinar el tamaño de la muestra se realizó mediante el método estadístico, se tomó en cuenta como la población, el total de máquinas fijas (11), y el cálculo de esta se realizó utilizando la fórmula de tamaño de muestra para una variable cuantitativa.

$$n = \frac{N Z^2 S^2}{d^2 (N-1) + Z^2 S^2}$$

$$\frac{11 \times (1.96)^2 \times (610.72)^2}{(39.30)^2 (11 - 1) + (1.96)^2 \times (610.72)^2}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población **(11)**

Z = Nivel de confianza **95% = 1.96**

E = Error muestra **E = 0.05 = 43.67**

S = **610.72**

|              |          |
|--------------|----------|
| $\delta^2 =$ | S/610.72 |
| E = 0.05 =   | S/39.30  |
| Z = 95% =    | 1.96     |
| N =          | 11       |
| n =          | 10.88    |

El tamaño de muestra para el presente trabajo de investigación será de 11 máquinas.

### 2.3.3. Muestreo

#### Muestreo no probabilístico intencional

“Se basa en la recopilación por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean parecidas a las de la población objetivo. Se puede dar el caso que el investigador seleccione directa e intencionadamente a los individuos de la población. Siendo lo más frecuente de este proceso el de usar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso. En líneas generales, este método llega a ser muy útil cuando se desarrolla una exploración de un

fenómeno en una población o cuando no se tiene un tamaño muestral definido”. (Arias-Gómez, J., & Villasís-Keever, M., y Miranda, M., 2016)

De acuerdo con los resultados el tamaño muestral será las 11 máquinas fijas, siendo la unidad de análisis y los registros de los costos de paradas no programadas durante 6 semanas antes y 6 semanas después de la aplicación del análisis y control de calidad de energía.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Un instrumento de medición que sea apropiado es aquel que utiliza el investigador para poder realizar el registro de información o de datos que puedan ser observados y que representan de manera verdadera las ideas o variables plasmadas por la persona que desarrolla la investigación. (Hernández, R. & Fernández, R. & Baptista, M., 2014).

Las fuentes primarias que nos permiten determinar nuestras variables independientes y dependientes en el presente informe de investigación son las siguientes: tablero eléctrico, máquinas eléctricas y electromecánicas instaladas en la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Las fuentes como son el tablero eléctrico, máquinas eléctricas y electromecánicas se encuentran en la línea de producción de la empresa Gestión Maderera S.A.C. ubicado en la Av. Juan Velasco Alvarado Mz. F Lt. 01-Urbanización Lotización Pre-Urbana Nievería, Lurigancho – Chosica, dedicados a la manufactura de productos maderables en diferentes especies de la selva amazónica del Perú.

Para la recolección de datos de la calidad de energía, siendo ésta, nuestra variable independiente que vamos a evaluar se realizó en un determinado tiempo, a continuación, se presenta un cronograma de las actividades realizadas:

Figura 8: Cronograma de Actividades

| No            | ACTIVIDADES:                    |        |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   | Total  |       |      |
|---------------|---------------------------------|--------|---|--------|---|---|---|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|---|--------|-------|------|
|               |                                 | Ene-20 |   | Feb-20 |   |   |   | Mar-20 |    |    |    | Abr-20 |    |    |    | May-20 |    |    |    | Jun-20 |   | ACTIV. | %     |      |
|               |                                 | 3      | 4 | 5      | 6 | 7 | 8 | 9      | 10 | 11 | 12 | 13     | 14 | 15 | 16 | 17     | 18 | 19 | 20 | 21     |   |        |       |      |
| 1             | Revisión Bibliográfica          | X      |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 2             | Elaboración de Anteproyecto     | X      |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 3             | Presentación de Anteproyecto    |        | X |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 4             | Revisión y Observaciones        |        | X |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 5             | Elaboración de la investigación |        | X |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 6             | Aprobación de la investigación  |        | X |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 7             | Recolección de Datos            | X      | X | X      | X | X | X |        |    |    |    |        |    |    |    | X      | X  | X  | X  | X      | X | X      | 17    | 17.9 |
| 8             | Preparación de Resultados       |        |   |        |   |   | X |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        | X |        | 7     | 7.4  |
| 9             | Procesamiento de Datos          |        |   |        |   | X |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    | X      |   |        | 7     | 7.4  |
| 10            | Elaboración de Conclusiones     |        |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    | X  |        |   |        | 6     | 6.3  |
| 11            | Redacción del Informe           |        |   | X      |   |   | X |        |    |    |    |        |    |    | X  |        |    | X  |    | X      |   | X      | 10    | 10.5 |
| 12            | Presentación de la tesis        |        |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        | X |        | 6     | 6.3  |
| 13            | Documento a publicarse          |        |   |        |   |   |   |        |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |        | X |        | 6     | 6.3  |
| <b>TOTAL:</b> |                                 |        |   |        |   | 8 |   | 0      |    |    |    | 2      |    |    |    | 7      |    |    |    |        | 5 | 95     | 100.0 |      |

Fuente: Elaboración propia

Además, se realiza con las siguientes técnicas de investigación:

Tabla 8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Técnica      | Instrumentos                         | Objetivos  |
|--------------|--------------------------------------|--|
| Observación  | Hoja de Registro de datos observados | Comprender en líneas generales el proceso productivo que se realiza en la empresa, su capacidad, su rendimiento, así como también sus deficiencias.  |
| Comprobación | Hoja de Registro de Producción       | Establecer el impacto en el proceso productivo por las paradas no programadas de máquinas de la empresa, debido a la mala calidad de energía eléctrica, y así poder plantear alternativas de solución. |

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los documentos utilizados para la realización de la investigación son los siguientes:

- Ficha de Reporte del Instrumento: Registro de AMEF (Anexo 02)
- Ficha de Reporte del instrumento: Registro de Producción Diaria (Anexo 03)

Además, se utilizaron instrumentos de medición en campo:

*Tabla 9: Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

| <b>Técnica</b>                  | <b>Instrumentos</b>  | <b>Objetivos</b>   |
|---------------------------------|--|--|
| Medición en Campo               | Analizador de redes eléctricas trifásico, Marca POWER QUALITY ANALYZER, modelo PQ-BOX100 | Determinar las condiciones de carga y la influencia de la calidad de energía sobre la operación de los equipos dentro de la instalación. |
| Recolección y Análisis de Datos | Formatos Registros de Fichas de Indicadores  | Registro de las paradas no programadas, eventos, costos, producción y consumos.  |

*Fuente: Elaboración Propia*

Así mismo, para llevar a cabo las mediciones de los parámetros eléctricos se empleará un equipo analizador de redes eléctricas trifásico, homologado por OSINERGMIN, marca POWER QUALITY ANALYZER, modelo PQ-BOX100, el cual se conecta a la red del sistema eléctrico de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Los parámetros medidos por el equipo, PQ-BOX100 trifásico, tanto en valores instantáneos RMS como en registros promedio son:

- Registros de tensiones monofásicas y trifásicas por fase (V).
- Registros de corrientes monofásicas y trifásicas por fase (I).

- Desbalances de corrientes (%).
- Armónicas de tensión THDV totales.
- Potencia aparente (kVA).
- Potencia activa trifásica (kW).
- Potencia reactiva trifásica (kVAR).
- Factor de potencia trifásica
- Flicker (indicador Pst según normas CEI).
- Registros de frecuencia sostenida

Para poder evaluar las condiciones de carga y la influencia de la calidad de energía sobre la operación de los equipos dentro de la empresa, se efectuarán los registros, tomando muestras cada minuto, durante 7 días que durará la evaluación de las siguientes variables de la instalación:

- Registros de tensiones trifásicas entre fase (V).
- Registros de corrientes trifásicas por fase (I).
- Armónicas de tensión THDv
- Potencia aparente (kVA).
- Potencia activa (kW).
- Potencia reactiva (kVAR).
- Flicker (indicador Pst).

#### **2.4.2. Validación y confiabilidad de instrumentos**

##### **- Validez de Constructo**

La validez de constructo es posiblemente el principal tipo de validez, desde el punto de vista científico, el cual debe de explicar del como las mediciones de una idea se relacionan de forma congruente con las mediciones de otras ideas que están correlacionadas de manera teórica. (Hernández, R. & Fernández, R. & Baptista, M., 2014).

En esta investigación de corte cuantitativo es indispensable hacer las precisiones correspondientes en cada una de las variables tanto dependientes como independientes de manera numérica. Por lo tanto, se tiene que realizar la validez del constructo en esta investigación, haciendo el agrupamiento de todos sus elementos llamados dimensiones para darles la validez de forma científica.

Se realiza mediante el programa SPSS con el estadístico de prueba (Pearson), con el cual se puede observar en la tabla 10, que existe correlación significativa entre la variable dependiente (Costos por paradas de máquinas no programadas) y sus dimensiones (Costo de parada de producción, costos de reparación).

Tabla 10: Correlaciones de Variable Dependiente

| <b>Correlaciones</b>  |                        |                                  |                                |                      |
|---|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------|
|   |                        | Costos de Paradas No Programadas | Costos de Parada de Producción | Costos de Reparación |
| Costos de Paradas No Programadas                                  | Correlación de Pearson | 1                                | ,999**                         | ,277**               |
|   | Sig. (bilateral)       |                                  | ,000                           | ,001                 |
|   | N                      | 132                              | 132                            | 132                  |
| Costos de Parada de Producción                                    | Correlación de Pearson | ,999**                           | 1                              | ,236**               |
|   | Sig. (bilateral)       | ,000                             |                                | ,006                 |
|   | N                      | 132                              | 132                            | 132                  |
| Costos de Reparación  | Correlación de Pearson | ,277**                           | ,236**                         | 1                    |
|   | Sig. (bilateral)       | ,001                             | ,006                           |                      |
|   | N                      | 132                              | 132                            | 132                  |
| **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). |                        |                                  |                                |                      |

Fuente: SPSS

#### - **Análisis de Fiabilidad**

El Alfa de Cronbach es un coeficiente que se utiliza para hacer la medición de la fiabilidad, se calcula como una media de las correlaciones entre las variables que se componen dentro de una escala. (Yirda, A., 2020).

Para poder hacer el análisis de fiabilidad se hace el uso del estadístico de prueba para hallar el Coeficiente de Alfa de Cronbach, con el programa SPSS y los resultados que se obtuvieron en la etapa del Pre-Test, se puede determinar que estos datos corresponden a las dimensiones de la variable dependiente teniendo

un nivel de confiabilidad dentro de los parámetros aceptables, como se detalla en la tabla 11.

Tabla 11: Resumen de ítems procesados

| Resumen de procesamiento de casos   |               |     |       |
|---|---------------|-----|-------|
|   |               | N   | %     |
| Casos   | Válido        | 132 | 100,0 |
|   | Excluido<br>a | 0   | ,0    |
|   | Total         | 132 | 100,0 |
| a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento. |               |     |       |

Fuente: SPSS

Tabla 12: Alfa de Cronbach

| Estadísticas de fiabilidad |                |
|----------------------------|----------------|
| Alfa de Cronbach           | N de elementos |
| ,758                       | 3              |

Fuente: SPSS

## 2.5. Métodos de análisis de datos

El procesamiento de la información se realiza en esta etapa de la investigación, los cuales han sido adquiridos a lo largo de la observación en el trabajo de campo, serán tomados en cuenta los elementos que están dentro de la población donde se efectúa el objeto del estudio, con la finalidad de lograr resultados, mediante la utilización de herramientas estadísticas. (Bernal, C., 2010)

Se desarrollaron análisis descriptivos con los datos recopilados a lo largo de la medición dentro de los parámetros de la calidad de la energía eléctrica y su efecto en las labores de los procesos productivos en la empresa y la relación que tiene con los costos de las paradas no programadas de las máquinas, además de ello, se aplicará el análisis inferencial, utilizando programas especializados para el procesamiento de la información para poder verificar si la hipótesis

planteada en la investigación es verdadera y comprobar si es viable la investigación.

## **2.6. Aspectos éticos**

Dentro del cumplimiento de las disposiciones determinadas en la Universidad César Vallejo, en la Facultad de Ingeniería Industrial, se declara bajo juramento que la información y los resultados del presente estudio son de autoría propia.

Damos fe que la información presentada en el presente proyecto es veraz y ha sido obtenida directamente de la empresa y no ha sido modificada ni alterada.

### **III. RESULTADOS**

### **3.1. Planteamiento de Propuesta de Solución**

#### **3.1.1. Situación Actual**

Para llegar a un entendimiento de la situación actual en la línea de producción de la empresa Gestión Maderera S.A.C., que además comprende una relación de procesos antes de llegar al producto final que es la madera habilitada, se hace una breve explicación de cada una de las etapas del proceso productivo.

**Enderezado:** En el inicio del proceso de habilitado se toma del almacén la cantidad de madera en tronco para realizar el aserrío, como paso previo se hace el enderezado para eliminar arqueaduras y curvaturas presentes en los troncos, con el fin de que el corte sea recto, esta operación se realiza mediante la garlopa.

**Aserrío:** Luego de la etapa anterior, los troncos pasan a la siguiente máquina denominada sierra cinta, lugar donde los troncos son cortados en tablas en un espesor determinado por el cliente final, obteniendo tablas derechas en un solo grosor y anchos variados.

**Cepillado:** Terminado el proceso de aserrío, las tablas son trasladadas al siguiente proceso que es el desbrozado de las tablas, para ello se utiliza una máquina llamada cepilladora de dos caras, que se encarga de dejar las tablas pulidas en un determinado espesor, de acuerdo con las especificaciones de la orden de trabajo.

**Multicorte:** En este proceso, a las tablas ya cepilladas y limpias, se les hace el corte en un determinado ancho, en esta etapa se cuenta con máquinas como la multilamina, la multisierra y como máquina de apoyo la sierra circular, encargadas de hacer efectivo este paso en la producción.

**Dimensionado:** Luego del corte anterior en los anchos, se procede con el corte en los largos, para ello se traslada la madera a cada una de las máquinas despuntadoras que se encargan de hacer el corte longitudinal de cada una de las piezas, conservando los requerimientos del cliente final.

Cabe mencionar que a lo largo de todo el proceso también encontramos máquinas auxiliares como las compresoras, absorbentes de partículas (aserrín, viruta), entre otros, que en su conjunto cooperan para el correcto comportamiento de la línea de producción para el habilitado de especies maderables.

### 3.1.2. Variable Independiente: CALIDAD DE ENERGÍA

En la línea de producción de la empresa están comprendidos una variedad de máquinas, tales como, sierra cinta, cepilladora, multisierra, multilamina, sierra circular, garlopa, despuntadoras, entre otras. En este panorama se han venido presentando distintos tipos de fallas en relación a la calidad de la energía eléctrica, las fallas más comunes es el apagado repentino de las máquinas hasta el deterioro de los elementos electrónicos y electromecánicos de cada una de ellas, dando como consecuencia la parada no programada de las máquinas y provocando pérdidas monetarias para la empresa por no producir el volumen programado y dejando de aprovechar el rendimiento total de la infraestructura en la línea de producción.

En el análisis y control de la calidad de energía, se tienen que hacer cumplir con las mediciones de los parámetros relacionados con la electricidad, en sus diferentes normativas dentro de los estándares internacionales, basados en los valores que fueron arrojados por el equipo de medición que fue conectado al tablero general de la empresa maderera, que tiene como objetivo brindar un diagnóstico real de la calidad de la energía eléctrica, evaluándose los valores de tensión, corriente, potencias, etc.

*Figura 9: Tablero de distribución trifásico interno*



*Fuente: Elaboración propia*

Los valores que fueron recolectados a través del equipo analizador de redes PQ-BOX100 homologado por Osinerming, fueron realizados desde el día 05-02-2020; hasta el día 11-02-2020, para poder evaluar todas las condiciones de carga y la influencia de la calidad de energía sobre la operatividad de las máquinas y equipos que funcionan dentro de las instalaciones de la planta maderera, los registros efectuados por el equipo analizador tomó muestras en cada minuto, de los siguientes parámetros de la instalación eléctrica:

- Registros de tensiones trifásicas por fase (V).
- Registros de corrientes trifásicas por fase (I).
- Armónicas de tensión THDv
- Potencia aparente (kVA).
- Potencia activa (kW).
- Potencia reactiva (kVAR).
- Flicker (indicador Pst según normas IEC).

*Tabla 13: Cuadro detalle de la medición*

| <b>PUNTO DE MEDICIÓN</b>                                | <b>NIVEL DE TENSIÓN</b> | <b>EQUIPO</b> | <b>FECHA INICIO</b>      | <b>FECHA TÉRMINO</b>     | <b>INTERVALO DE TIEMPO ENTRE MUESTRAS</b> |
|---|-------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Tablero Distribución Interno<br>Gestión Maderera S.A.C. | 230 VAC                 | PQ BOX100     | 05/02/2019<br>12:10 hrs. | 12/02/2019<br>11:51 hrs. | 1 min.                                    |

*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de los Valores mostrados por el Analizador

Se tomaron las mediciones correspondientes y se presentarán los cuadros con los valores arrojados por el equipo analizador, con una breve explicación de cada uno de los parámetros medidos y sus influencias en la calidad de la energía.

De estos parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico y son comparados con lo que recomiendan los estándares internacionales y la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Tabla 14: Análisis de los Valores de Potencia por el Analizador

| FECHA      | POTENCIA ACTIVA (kw) |              |                | POTENCIA REACTIVA (kvar) |              |                       | POTENCIA APARENTE |              |                       | FACTOR DE POTENCIA |              |                       |                            | VALORES TOLERABLES IN/OUT |
|------------|----------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
|            | Valor Máximo         | Valor Mínimo | Valor Promedio | Valor Máximo             | Valor Mínimo | Valor Promedio Actual | Valor Máximo      | Valor Mínimo | Valor Promedio Actual | Valor Máximo       | Valor Mínimo | Valor Promedio Actual | Porcentaje de Perturbación |                           |
| 5/02/2020  | 18.06                | 5.24         | 11.65          | 9.55                     | 1.77         | 5.66                  | 18.76             | 5.55         | 12.16                 | 0.976              | 0.75         | 0.86                  | 14%                        | 0.95 a 1                  |
| 6/02/2020  | 18.87                | 5.09         | 11.98          | 7.33                     | 1.83         | 4.58                  | 19.15             | 5.45         | 12.30                 | 0.986              | 0.78         | 0.88                  | 12%                        | 0.95 a 1                  |
| 7/02/2020  | 17.56                | 5.35         | 11.46          | 9.04                     | 2.16         | 5.60                  | 18.31             | 5.81         | 12.06                 | 0.975              | 0.78         | 0.88                  | 13%                        | 0.95 a 1                  |
| 8/02/2020  | 17.89                | 4.74         | 11.32          | 7.64                     | 1.82         | 4.73                  | 18.22             | 5.16         | 11.69                 | 0.983              | 0.78         | 0.88                  | 12%                        | 0.95 a 1                  |
| 9/02/2020  | 23.43                | 5.08         | 14.26          | 8.73                     | 1.90         | 5.31                  | 23.92             | 5.44         | 14.68                 | 0.980              | 0.78         | 0.88                  | 12%                        | 0.95 a 1                  |
| 10/02/2020 | 22.98                | 3.67         | 13.32          | 8.22                     | 1.98         | 5.10                  | 21.49             | 4.44         | 12.96                 | 0.993              | 0.77         | 0.88                  | 12%                        | 0.95 a 1                  |
| 11/02/2020 | 19.19                | 5.46         | 12.32          | 9.08                     | 2.07         | 5.58                  | 19.90             | 5.75         | 12.82                 | 0.983              | 0.75         | 0.87                  | 13%                        | 0.95 a 1                  |

Fuente: Elaboración propia

### Perfil de Potencia Activa o Real (KW)

En la tabla 14 se puede observar la demanda de potencia activa en KW durante el periodo de monitoreo de 7 días. El valor de la potencia real promedio durante el periodo de operación normal fue de 8.71 KW, registrando un valor máximo de 23.43KW ocurrido el día 09/02/2019 a las 19.17h, registrando una potencia mínima de 3.67KW.

### Perfil de Potencia Reactiva (KVAR)

En la tabla 14 se puede observar la demanda de potencia reactiva en KVAR durante el periodo de monitoreo de 7 días. El valor de la potencia reactiva promedio durante el periodo de operación normal fue de 3.49 KVAR, registrando un valor máximo de 9.55KVAR ocurrido el día 05/02/2019 a las 18.16h, registrando una potencia reactiva mínima de 1.77KVAR.

## Perfil de Potencia Aparente (KVA)

En la tabla 14 se puede observar la demanda de potencia aparente en KVA durante el periodo de monitoreo de 7 días. El valor de la potencia aparente promedio durante el periodo de operación normal fue de 9.41 KVA, registrando un valor máximo de 23.92KVA ocurrido el día 09/02/2019 a las 19.17h, registrando una potencia aparente mínima de 4.44KVA.

## Perfil de Factor de Potencia (%)

En la tabla 14 se muestra el comportamiento del factor de potencia durante el periodo de monitoreo de 7 días. El valor del factor de potencia promedio durante el periodo de operación normal fue de 92%, registrando un valor máximo instantáneo de 99% ocurrido el día 10/02/2019 a las 19.17h, registrando un factor de potencia mínimo de 75%.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen representado en la tabla 15, son valores que muestran el comportamiento de las instalaciones en un periodo normal de funcionamiento.

Tabla 15: Cuadro resumen de los valores de Potencia

| POTENCIA              | MÁXIMO | PROMEDIO | MÍNIMO | % de variacion FP |        | VALORES RECOMENDADOS DEL FP |
|-----------------------|--------|----------|--------|-------------------|--------|-----------------------------|
|                       |        |          |        | MÁXIMO            | MÍNIMO |                             |
| ACTIVA P(KW)          | 23.43  | 8.71     | 3.67   |                   |        | 0.95-1                      |
| REACTIVA Q(KVAR)      | 9.55   | 3.49     | 1.77   |                   |        |                             |
| APARENTE S(KVA)       | 23.92  | 9.41     | 4.44   |                   |        |                             |
| FACTOR DE POTENCIA FP | 0.99   | 0.87     | 0.75   | 1%                | -25%   |                             |

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de Parámetros Eléctricos (POTENCIA)

El factor de potencia óptimo recomendable debe fluctuar entre el 0.95 y 1.00, si el factor de potencia es 0.95 indica que del total de la energía abastecida por la distribuidora solo el 95% de la energía es utilizada por el cliente, mientras el 5% restante es energía que se desaprovecha.

De lo antes expuesto se concluye que el cuadro de resumen se está desaprovechando un 25 por ciento de la energía útil.

Por lo que se recomienda una compensación del factor de potencia a través de un banco de condensadores el cual ayudaría en la reducción de la facturación, reducción de las caídas de tensión, disminución de las pérdidas de energía útil por causa del efecto joule, aumento de la potencia disponible en la instalación.

### Perfil de Corriente Máxima de Línea.

En la tabla 16 se muestra el perfil de corriente durante el periodo de monitoreo de 7 días, registrando un máximo valor promedio de 61.53 Amp. Ocurrido el día 10/02/2019 a las 14.21h en la línea 1 o fase R, registrando un mínimo valor promedio de corriente de 3.84 Amp. Ocurrido el día 10/02/2019 a las 16:51h.

Tabla 16: Perfil de los valores de Corriente

| FECHA      | CORRIENTE EN L1 |              | CORRIENTE EN L2 |              | CORRIENTE EN L3 |              | CORRIENTE EN L123     |                       |              |                   |
|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
|            | Valor Máximo    | Valor Mínimo | Valor Máximo    | Valor Mínimo | Valor Máximo    | Valor Mínimo | Valor Promedio Máximo | Valor Promedio Mínimo | Perturbación | Valor tolerable % |
| 5/02/2020  | 30.17           | 6.09         | 53.87           | 8.63         | 29.21           | 7.48         | 52.65                 | 4.47                  | 17%          | ≤10%              |
| 6/02/2020  | 35.04           | 4.58         | 45.00           | 6.94         | 38.16           | 6.27         |                       |                       |              |                   |
| 7/02/2020  | 35.93           | 5.36         | 37.96           | 8.45         | 36.35           | 6.50         |                       |                       |              |                   |
| 8/02/2020  | 40.27           | 5.13         | 39.51           | 9.42         | 33.56           | 6.03         |                       |                       |              |                   |
| 9/02/2020  | 34.93           | 4.85         | 49.18           | 11.74        | 40.32           | 6.51         |                       |                       |              |                   |
| 10/02/2020 | 61.53           | 5.34         | 50.81           | 5.12         | 31.94           | 3.84         |                       |                       |              |                   |
| 11/02/2020 | 44.72           | 4.45         | 56.11           | 8.42         | 32.30           | 6.14         |                       |                       |              |                   |

Fuente: Elaboración propia

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen en la tabla 7, son valores que muestran el comportamiento de las instalaciones en un periodo normal de funcionamiento.

Tabla 17: Cuadro resumen de los valores de Corriente

| CORRIENTE       | FASE L1 | FASE L2 | FASE L2 | INTESIDAD PROMEDIO ENTRE L1.2.3 | % DE VARIACION DE LA CORRIENTE | % DE TOLERANCIA SEGÚN LA NTCSE |
|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PROMEDIO MÁXIMO | 61.53   | 56.11   | 40.32   | 52.65                           | 17%                            | <10%                           |
| PROMEDIO MÍNIMO | 4.45    | 5.12    | 3.84    | 4.47                            |                                |                                |

Fuente: Elaboración Propia

## **Análisis de Parámetros Eléctricos (Corriente)**

Según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), considera que el desequilibrio de corriente en una red trifásica no deberá ser mayor al 10%.

Delo antes expuesto se puede concluir que el cuadro de resumen hace notar que se está superando el 10% permitido dentro lo establecido por la norma.

Por lo que se recomienda hacer un evaluación de las cargas y posteriormente hacer una distribución asimétrica en las tres fases (L1, L2, L3) de tal forma que se encuentren balanceadas o equilibradas, también se recomienda revisar la sección de los conductores con relación a la carga que se encuentran alimentando, para garantizar que no estén ocasionando caídas de tensión en las cargas más alejadas de los cuadros o tablero eléctricos y que sean ellas que estén generando el desequilibrio de corriente.

## **Perfil de Variación de Tensión de Línea**

En la tabla 18 se muestra el comportamiento de la variación de la tensión durante el periodo de monitoreo de 7 días. El valor máximo promedio de la tensión durante el periodo de operación normal fue de 238.57 Volts., en la fase (L1) el día 10/02/2019 a las 14:48h., y una tensión mínima registrado de 202.40 Volts., el día 07/02/2019 a las 18:50h

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen, son valores que muestran el comportamiento de las instalaciones en un periodo normal de funcionamiento.

*Tabla 18: Perfil de los valores de Tensión*

| TENSIÓN | MÁXIMO | PROMEDIO | MÍNIMO | % de variacion |        | SEGÚN NTCSE Y<br>Std. IEEE 1100.1999 |
|---------|--------|----------|--------|----------------|--------|--------------------------------------|
|         |        |          |        | MÁXIMO         | MÍNIMO |                                      |
| FASE L1 | 238.57 | 220.48   | 202.40 | 4%             | -12%   | ±5%                                  |
| FASE L2 | 236.09 | 218.29   | 200.50 | 3%             | -13%   | ±5%                                  |
| FASE L3 | 236.32 | 218.46   | 200.59 | 3%             | -13%   | ±5%                                  |

*Fuente: Elaboración propia*

## **Análisis de Parámetros Eléctricos (TENSIÓN)**

Según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), los niveles de tensión se evaluaron en intervalos de 10 minutos y considerando los límites permisibles que deberán fluctuar entre  $\pm 5\%$ . Cabe resaltar que el nivel de tensión de referencia que se está considerando es de 230 Volts.

De lo antes expuesto se puede concluir que el cuadro de resumen hace notar que se está superando el  $\pm 5\%$ ., en relación con la tensión mínima lo que genera una caída tensión bastante considerable y que requiere una toma de decisiones inmediatas.

Por lo que se recomienda hacer un diagnóstico eléctrico interno para ver las condiciones de instalación, revisar la sección del conductor que conecta el medidor con el tablero general, solicitar al concesionario que regule voltaje entrega para garantizar que los valores de tensión mínima este dentro de los límites establecidos.

### **3.1.3. Dimensión 01: Nivel de Perturbaciones Actuales**

De acuerdo a los valores que se han presentado y tomando como base principal lo mal que funcionan las máquinas que están dentro de las instalaciones de la empresa, comprometiendo así a todos éstos equipos a recurrentes averías, aminoramiento de su vida útil y deterioro por los fallos que suceden en el sistema eléctrico de la planta maderera, se representa con el indicador respectivo el nivel de perturbaciones actuales que están fuera de los rangos permitidos en las normas y estándares internacionales.

*Tabla 19: Detalle de Nivel de Perturbaciones*

| <b>#<br/>Perturbaciones<br/>actuales</b> | <b># Total de<br/>Variables<br/>Eléctricas<br/>Evaluadas</b> | <b>Nivel de<br/>Perturbaciones<br/>Actuales (%)</b> |
|--|--|---|
| 3  | 5  | 60%   |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 19 se observa claramente que el nivel que muestra el nivel de perturbaciones actuales es alto, quiere decir que el número de perturbaciones actuales en relación con el número total de las variables eléctricas evaluadas es alto, tal y como se muestra en la tabla, por ende, se concluye que hay una mala calidad de energía.

#### **3.1.4. Planteamiento de la alternativa de solución**

De acuerdo con el análisis que se efectuó y realizando la corroboración de los valores de las perturbaciones registradas, se brinda la opción para poder mejorar o disminuir la situación de la mala calidad de energía eléctrica, dicho esto, se presenta las alternativas para poder solucionar este problema, a continuación, se detalla lo siguiente:

- Hacer mantenimiento general al tablero principal y demás sub-tableros complementarios.
- Identificar conexiones que presenten falsos contactos y realizar un ajuste de pernos y tornillos.
- Hacer una distribución simétrica o balanceo de las cargas en los circuitos eléctricos trifásicos y monofásicos.
- Hacer un cambio de los interruptores termomagnéticos que se encuentran sobre dimensionados.
- Hacer el cambio del alimentador eléctrico principal desde el contador de energía hasta el tablero principal, con el dimensionamiento adecuado para soportar la carga instalada.
- Hacer el cambio de cable de los circuitos de distribución que se encuentren presentando caídas de tensión y fugas de corriente por cables con el dimensionamiento adecuado y libres de halógeno.
- Implementar un banco de condensadores automático paralelo al tablero principal para corregir el factor de potencia.
- Hacer un mantenimiento preventivo al sistema de puesta a tierra.

Después de realizar las implementaciones necesarias, tales como, instalación de interruptores de protección, instalación de capacitores y demás actividades de mantenimiento detallados anteriormente, se hace la medición con el mismo

analizador de redes para evaluar la calidad de energía en la planta maderera, a continuación, se muestra los valores obtenidos:

Figura 10: Valores de Factor Potencia Total



Fuente: Elaboración propia

A partir de este registro se observa en la figura 10 un comportamiento variable, esta medición es realizada en un período de operación normal, de los cuales se desprende un cuadro resumen de las potencias calculadas.

Tabla 20: Resumen de valores post de Potencia

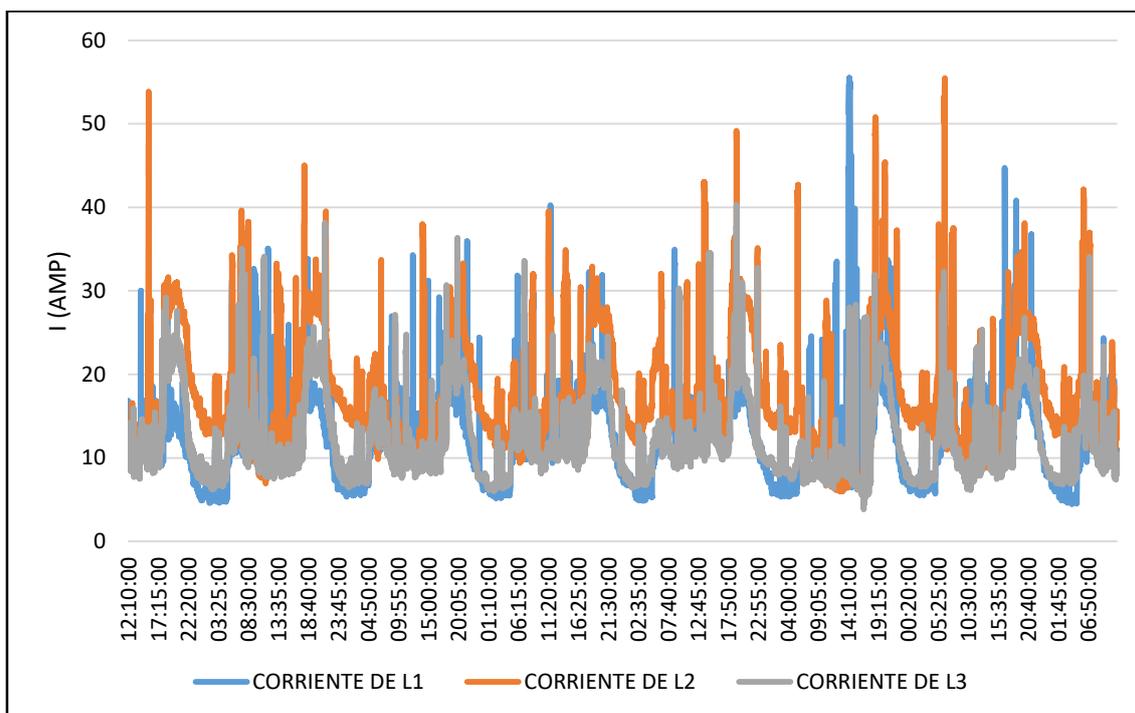
| Valores  | P(KW) | Q(KVAR) | S(KVA) | F. P. |
|----------|-------|---------|--------|-------|
| Máximo   | 23.43 | 9.55    | 23.92  | 0.99  |
| Promedio | 13.6  | 3.66    | 13.98  | 0.97  |
| Mínimo   | 3.67  | 1.77    | 4.44   | 0.93  |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 20 se observa que los valores promedio del factor de potencia (F.P) se acercan a 1, teniendo un valor máximo y mínimo de 0.99 y 0.93 respectivamente esto es un indicador que nuestro factor de corrección ha mejorado y ya no estamos inyectando de una manera significativa energía

reactiva a nuestra red eléctrica con esto evitamos penalizaciones por parte de la concesionaria, a un podemos mejorar y optimizar el valor mínimo realizando un análisis más exhaustivo de las cargas que vienen generando inductancias, esto requiere mayor tiempo de análisis.

Figura 11: Valores de Corriente



Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se observa un comportamiento con variaciones de la corriente en régimen de operación normal, en donde el máximo promedio del valor de corriente registrada por el analizador es de 55.51 el día 10/02/2019 14:21h en una de las fases.

De los registros obtenidos en las mediciones se tiene el siguiente cuadro resumen representado en la tabla 21, donde los valores que se muestran a continuación son del periodo de operación normal de la instalación:

Tabla 21: Resumen valores post de Corriente

| Valores  | FASE I1 | FASE I2 | FASE I3 | TRIFÁSICA I123 |
|----------|---------|---------|---------|----------------|
| Promedio | 54.53   | 55.46   | 50.32   | 53.65          |
| Máximo   |         |         |         |                |
| Promedio | 4.45    | 5.12    | 3.84    | 4.47           |
| Mínimo   |         |         |         |                |

Fuente: Elaboración propia

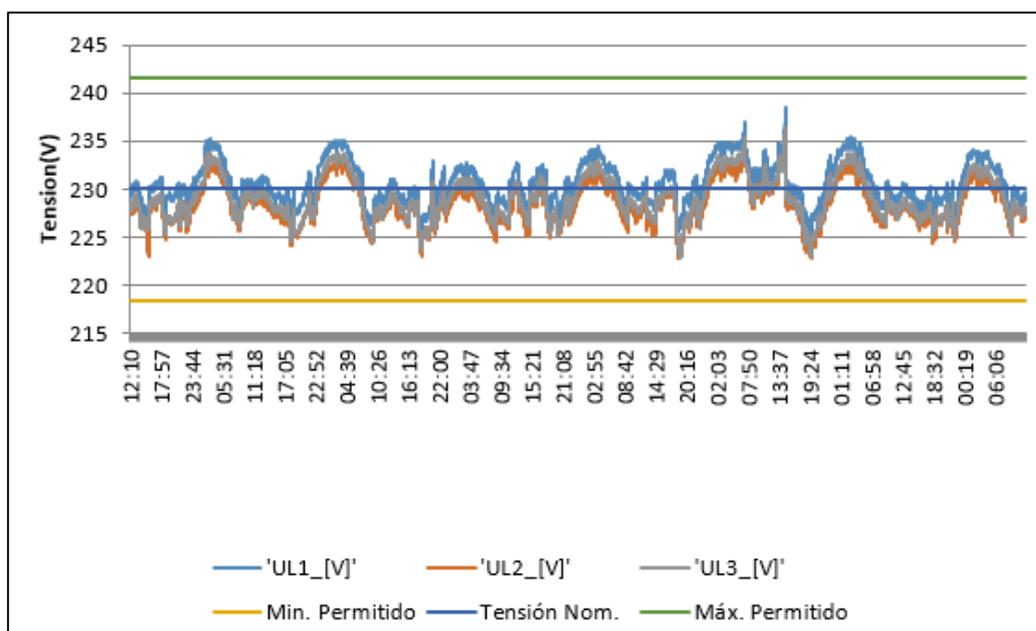
El desequilibrio es calculado matemáticamente y arroja un resultado del 2 %, esto nos demuestra que no existe desequilibrio de corriente y que estamos cumpliendo con la NTCSE DS 020-97-MEM. El cual detalla que el desequilibrio en corrientes no debe de sobrepasar del 10%. A continuación, se detalla la fórmula con la que se calculó este desequilibrio.

$$\text{Desequilibrio (\%)} = \frac{(I_{md} - I_{media})}{I_{media}} * 100\%$$

I<sub>md</sub> (máx. Promedio) = 54.53

I<sub>media</sub> = 53.65

Figura 12: Valores de Tensión en la línea



Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se puede observar que el nivel de tensión presenta valores cercanos al nominal con elevaciones moderadas sin caídas de tensión por debajo del +/- 5%, por ello podemos decir que no sobrepasan el límite de tolerancia permisible por la NTCSE.

En la siguiente tabla 22 se muestra el resumen de los niveles de tensión durante el período de medición, los valores que se muestran a continuación son del periodo de operación normal de la instalación:

*Tabla 22: Resumen valores post de Tensión*

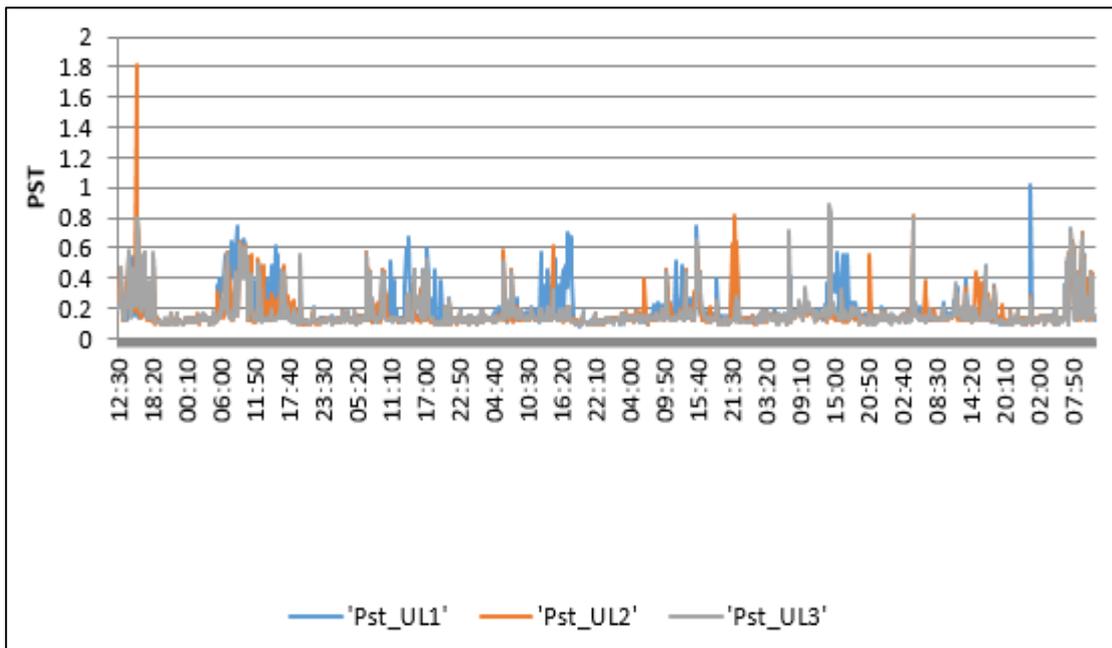
| <b>Valores</b> | <b>FASE<br/>V(L1)</b> | <b>FASE<br/>V(L2)</b> | <b>FASE<br/>V(L3)</b> | <b>TRIFÁSICA<br/>VL123</b> |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| Promedio       | 238.57                | 236.09                | 236.32                | 236.99                     |
| Máximo         |                       |                       |                       |                            |
| Promedio       | 224.88                | 222.77                | 222.88                | 223.51                     |
| Mínimo         |                       |                       |                       |                            |

*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 13 se analizó los niveles de flicker en la instalación, se puede apreciar que el nivel máximo de flicker es de 1.82 Pst y este se da en un solo punto y no en forma continua, todos los demás registros están por debajo del índice de severidad por Flicker (Pst) que no debe superar la unidad. Se considera el límite:  $Pst' \leq 1$ , que es el valor tolerable indicado por la NTCSE durante el período total de medición.

Cuando se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, los indicadores de las perturbaciones medidas se encuentren fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al 5% del periodo de medición.

Figura 13: Valores de severidad por Flicker



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se muestra un resumen de los niveles de flicker durante el período total de medición, los valores que se muestran a continuación son del periodo de operación normal de las instalaciones.

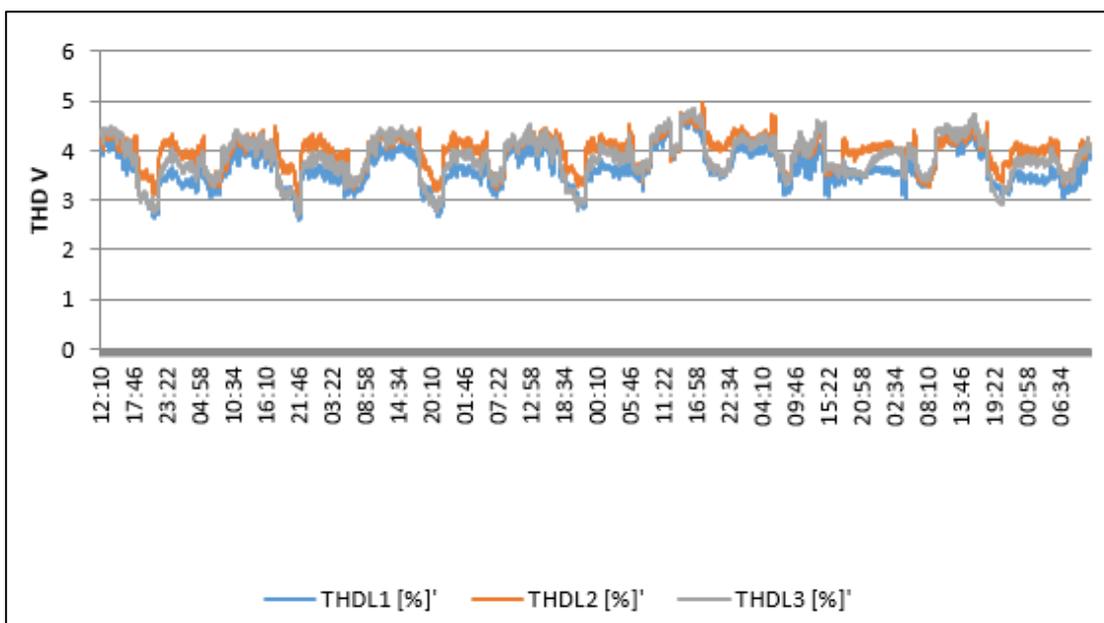
Tabla 23: Resumen valores post por Flicker

| Valores  | FLICKER L1 (PST) | FLICKER L2 (PST) | FLICKER L3 (PST) |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| Máximo   | 1.02             | 1.82             | 0.88             |
| Promedio | 0.19             | 0.18             | 0.17             |
| Mínimo   | 0.09             | 0.09             | 0.09             |

Fuente: Elaboración propia

La distorsión total de armónicas de tensión (THDV) en el caso más crítico durante el periodo de operación normal es de 4.96 %. Considerando el suministro en Baja Tensión, no supera el 8% establecido según la NTCSE. Tal y como se muestra en la figura 14.

Figura 14: Valores por Distorsión Armónica de Tensión



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 24 se muestra el resumen en valores porcentuales para el factor de distorsión total de armónicas de tensión (THDV), los valores que se muestran a continuación son del periodo de operación normal de la instalación:

Tabla 24: Resumen valores post de Distorsión de armónicas

| Valores  | THDV (L12) (%) | THDV (L23) (%) | THDVL (31) (%) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Máximo   | 4.69           | 4.96           | 4.84           |
| Promedio | 3.65           | 3.99           | 3.85           |
| Mínimo   | 2.61           | 2.99           | 2.68           |

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.5. Dimensión 2: Análisis del Modo y Efecto de Fallas**

A consecuencia de todos los eventos que se han observado en el proceso productivo para la habilitación de maderas y poder identificar las causas de las fallas, se ha visto necesario recurrir a la herramienta AMEF para poder prevenir estos sucesos, para poder llegar a ese objetivo, se conforma a un equipo especializado donde cada uno de los integrantes sean los especialistas en cada uno de los procesos productivos de la línea de producción.

Debido a estos eventos que no permiten una producción constante en la línea de producción por las que se originan por la falta de calibrado de las máquinas, partes de los equipos con averías y que presentan desgaste.

Los modos de falla que se presentan en su mayoría son solucionados por el personal de mantenimiento externo de la empresa, sin embargo en condiciones normales no se encuentra de manera permanente en la planta y es donde los operadores de las máquinas realizan, dentro de lo posible, las reparaciones correctivas para poder darle el correcto funcionamiento a los equipos, ya que los operadores no son calificados para esta clase de reparaciones, hay reparaciones de mayor magnitud que por obvias razones no lo podrán efectuar.

En la siguiente tabla se observa alguno de los modos de fallos que han sido encontrados por cada una de las máquinas de la empresa maderera, los cuales se han ponderado de acuerdo con los criterios estimados, para calcular su RPN en función de su severidad, ocurrencia y nivel de detección.

Tabla 25: Modo de fallos de las máquinas de Gestión Maderera S.A.C.

|                            |                                      |                       |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| GESTIÓN<br>MADERERA S.A.C. | ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLAS | ELABORADO: P.ARCOS    |
|                            |                                      | REVISADO: J. ESCOBEDO |
|                            |                                      | APROBADO: P.A. & J.E. |

ÁREA: LÍNEA DE PRODUCCIÓN

FECHA: Del 02/12/19 al 08/12/20

SITUACIÓN ACTUAL

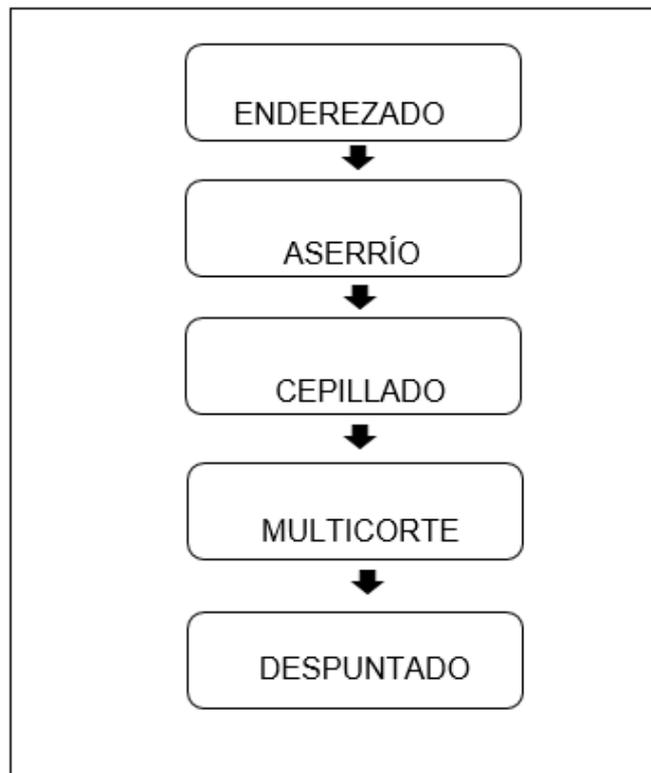
| SEMANA | MÁQUINA             | FUNCIÓN EN EL PROCESO | FALLA POTENCIAL                  | EFEECTO POTENCIAL DE FALLA                            | SEVERIDAD | CAUSAS POTENCIALES DE FALLA        | OCURRENCIA | CONTROL ACTUAL             | DETECCIÓN | RPN | ACCIONES RECOMENDADAS                           |
|--------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|---|-----------|------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|-----|---|
| 1      | Sierra Cinta        | Cortar en tablas      | Descalibrado de volante          | Desgaste anormal de volante y parada total de máquina | 8         | Falta de engrase y cambio de bujes | 4          | No existe control          | 3         | 96  | Cepillado de volante                            |
| 1      | Cepilladora 2 caras | Desbrozar tablas      | Descentrado de ejes              | Ruptura de cuchillas/descalibre de desbrozado         | 6         | Desbalance en cuchillas            | 6          | Mantenimiento cada 3 meses | 6         | 216 | Cambio de eje                                   |
| 1      | Garlopa             | Enderezado de troncos | Descalibrado de mesa             | Madera con arqueaduras y curvaturas                   | 6         | Golpe de troncos en la mesa        | 6          | No existe control          | 5         | 180 | Calibrado a nivel de mesa                       |
| 1      | Multisierra         | Corte Longitudinal    | Falla en rodillo de avance       | Parada total de máquina                               | 5         | Ruptura de fajas                   | 5          | Mantenimiento cada 2 meses | 6         | 150 | Cambio de fajas                                 |
| 1      | Multilamina         | Corte Longitudinal    | Falla en cardan de avance        | Parada total de máquina                               | 6         | Falta de engrase en cardan         | 6          | Mantenimiento cada 2 meses | 3         | 108 | Mantenimiento de cardan                         |
| 1      | Sierra Circular     | Corte Longitudinal    | Disparo de llave termo magnética | Corte con defectos en tronco                          | 6         | Llave termo magnética con defectos | 6          | No existe control          | 7         | 252 | Cambio de llave termo magnética con guardamotor |
| 1      | Despuntadora 01     | Corte transversal     | Fallo en rodajes de eje          | Desgaste de mandril y eje                             | 5         | Desgaste y falta de engrase        | 3          | No existe control          | 4         | 60  | Cambio de rodajes                               |
| 1      | Despuntadora 02     | Corte transversal     | Fallo en rodajes de eje          | Desgaste de mandril y eje                             | 6         | Desgaste y falta de engrase        | 3          | No existe control          | 4         | 72  | Cambio de rodajes                               |
| 1      | Despuntadora 03     | Corte transversal     | Fallo en rodajes de eje          | Desgaste de mandril y eje                             | 6         | Desgaste y falta de engrase        | 3          | No existe control          | 4         | 72  | Cambio de rodajes                               |
| 1      | Despuntadora 04     | Corte transversal     | Fallo en rodajes de eje          | Desgaste de mandril y eje                             | 6         | Desgaste y falta de engrase        | 3          | No existe control          | 4         | 72  | Cambio de rodajes                               |
| 1      | Moldurera           | Moldurado de piezas   | Voladura de fusibles             | Falla en madera por parada de máquina                 | 5         | insertado de madera no calibrada   | 4          | No existe control          | 4         | 80  | Insertar madera calibrada                       |

Fuente: Elaboración propia

Los costos por paradas no programadas por el fallo de las máquinas provocan que se eleven y además el rendimiento de la línea de producción no se dé en su totalidad, ante lo expuesto se suma que no se aplican medidas preventivas para que los posibles modos de fallos se puedan reducir o eliminar, en consecuencia, en la investigación se determinará cuánto se puede reducir en cada uno de los criterios de severidad, ocurrencia y detectabilidad, con el objetivo de tener un mejor panorama para la identificación de los modos de fallos y aprovecharlo como una opción de mejora en el proceso productivo.

Para el desarrollo de la herramienta AMEF se procedió con la elaboración de un mapa del proceso productivo de la empresa maderera.

*Figura 15: Proceso productivo en Gestión Maderera S.A.C.*



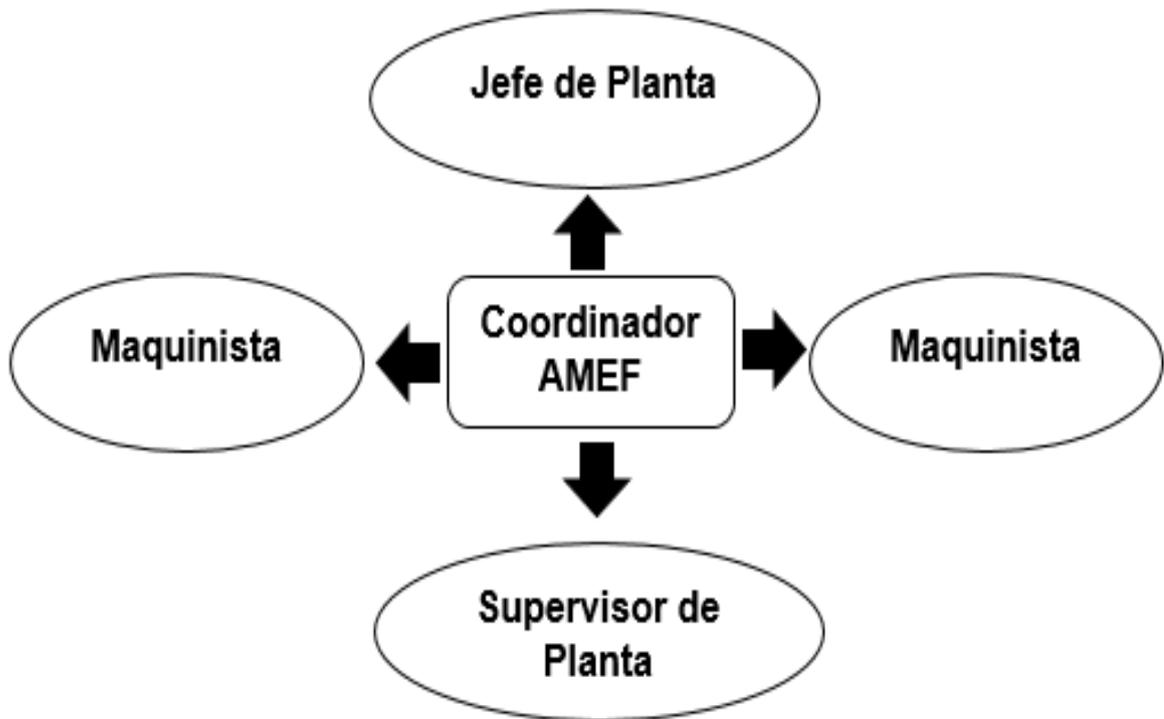
*Fuente: Elaboración propia*

En este paso del AMEF se busca brindar un esquema de la línea de producción de la empresa para tener un mejor entendimiento y así poder identificar los procesos que presenten problemas de fallas.

Luego de tener claro cómo está constituido los procesos, se convoca a conformar un grupo humano que tienen los conocimientos necesarios tanto del proceso productivo

como el producto final que es la madera habilitada y el entendimiento de llegar al objetivo trazado.

Figura 16: Equipo AMEF



Fuente: Elaboración propia

En la figura presentada se elige al líder que va a llevar adelante el AMEF, considerado como el coordinador, el cual dará todas las pautas para el buen desarrollo de esta herramienta a cada uno de los integrantes de esta implementación que han sido elegidos por su especialidad y experiencia en la línea de producción.

Una vez terminado este paso es necesario identificar las etapas críticas del proceso productivo y los probables modos de fallos en las máquinas de la línea de producción, para un correcto análisis de las medidas preventivas que se deben tomar para cada máquina o equipo.

Figura 17: Etapas críticas del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente paso para el equipo del AMEF se identificó los posibles modos de fallos en el proceso productivo siendo los epicentros de las fallas las máquinas donde se manifiesta las deficiencias y por ende los costos elevados por no producir, a continuación, se muestra una tabla con la que se determinó los criterios para la severidad (gravedad) según las calificaciones que ameritaba por cada modo de fallo.

Tabla 26: Criterios de Gravedad en el AMEF

| Calificación | Criterio  |
|--------------|---|
| 1            | Ligero inconveniente para la operación y/o maquinista         |
| 2            | Una parte del producto tiene que ser reprocesado              |
| 3            |   |
| 4            | El producto total debe ser reprocesado                        |
| 5            |   |
| 6            | El producto es rechazado y separado para recuperación parcial |
| 7            |   |
| 8            | El total del producto es rechazado sin opción a recuperar     |
| 9            | Puede ocasionar exposición al peligro del operador            |
| 10           |   |

Fuente: Elaboración propia

Mientras se hace esta labor es también necesario evaluar los modos de fallos que se presentan para llegar a determinar la ocurrencia, para determinar la frecuencia se hace uso de la siguiente tabla estableciendo los criterios respectivos para su determinación.

Tabla 27: Criterios para la Ocurrencia en el AMEF

| Calificación | Probabilidad                 | Índice de Fallas (tanto por pieza) |
|--------------|------------------------------|------------------------------------|
| 1            | REMOTA                       | 1 por 1000 piezas                  |
| 2            | BAJA: POCAS FALLAS           | $1 < x < 5$ por 1000 piezas        |
| 3            |                              |                                    |
| 4            | MODERADA: FALLAS OCASIONALES | $6 < x < 20$ por 1000 piezas       |
| 5            |                              |                                    |
| 6            |                              |                                    |
| 7            | ALTA: FALLAS FRECUENTES      | $21 < x < 50$ por 1000 piezas      |
| 8            |                              |                                    |
| 9            | MUY ALTA: FALLAS             | $50 < x < 100$ por 1000 piezas     |
| 10           | PERSISTENTES                 | $> 100$ por 1000 piezas            |

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar la frecuencia con la que se dan los modos de fallos, como siguiente paso, se realizó un detalle de los medios dentro del proceso productivo para poder llegar a detectar cada uno de los modos de fallos, considerando que el nivel de detectabilidad es muy bajo por diferentes razones, para determinar la detectabilidad se utilizó una tabla con los criterios para su calificación.

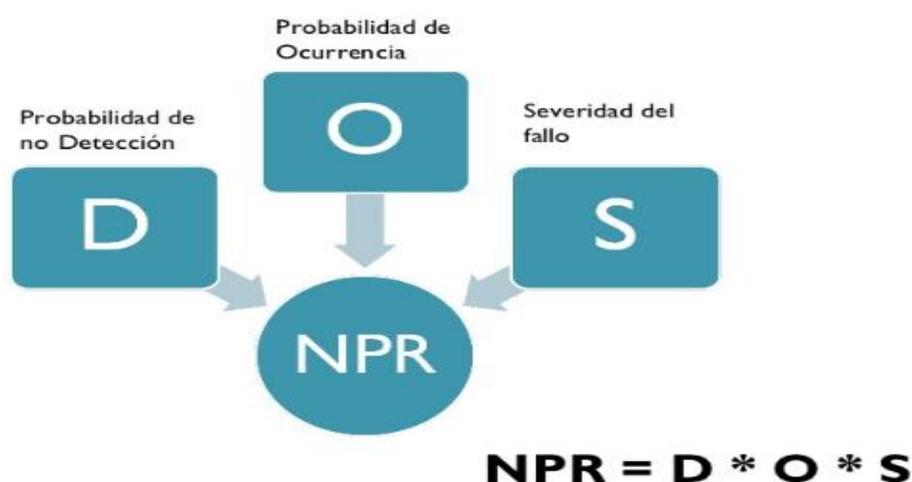
*Tabla 28: Criterios para la Detectabilidad en el AMEF*

| <b>Calificación</b> | <b>Criterio</b>                             |
|---------------------|---|
| 1                   | MUY ALTA: PROBABILIDAD DE DETECTAR LA FALLA |
| 2                   |   |
| 3                   | ALTA: PROBABILIDAD DE DETECTAR LA FALLA     |
| 4                   |   |
| 5                   | MODERADA: SE PUEDE DETECTAR LA FALLA        |
| 6                   |   |
| 7                   | BAJA: POSIBLEMENTE NO SE DETECTE LA FALLA   |
| 8                   |   |
| 9                   | NO SE DETECTA LA FALLA                      |
| 10                  |   |

*Fuente: Elaboración propia*

Como siguiente paso para la elaboración del AMEF, se calculó el NPR (Número de prioridad de Riesgo), el valor que toma es considerado como el nivel de criticidad que presenta cada modo de falla en el proceso productivo directamente en las máquinas y equipos de la empresa maderera, los valores que se obtuvieron de acuerdo al NPR sirvió para darle una determinada prioridad para las acciones preventivas y a su vez acciones correctivas para dar un mejoramiento a la línea de producción de la empresa. Cuando el NPR es mayor a 100 está evidenciando que se debe de dar una implementación en los procesos para reducir o eliminar los modos de fallas más importantes o críticos en el proceso productivo.

Figura 18: Fórmula del Número de Prioridad de Riesgo



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, identificado los puntos críticos del proceso productivo, se hace las labores de prevención y a la vez las correcciones de ser el caso, los cuales deberían de reducir las probabilidades que un proceso o máquina hace impactar en los rendimientos y los costos del proceso productivo. El AMEF es un documento muy versátil ya que se puede documentar todas las acciones realizadas y poder usarlo como know-how para posteriores situaciones dentro de la empresa maderera.

Tabla 29: Detalle de laboras de Prevención en Gestión Maderera S.A.C.

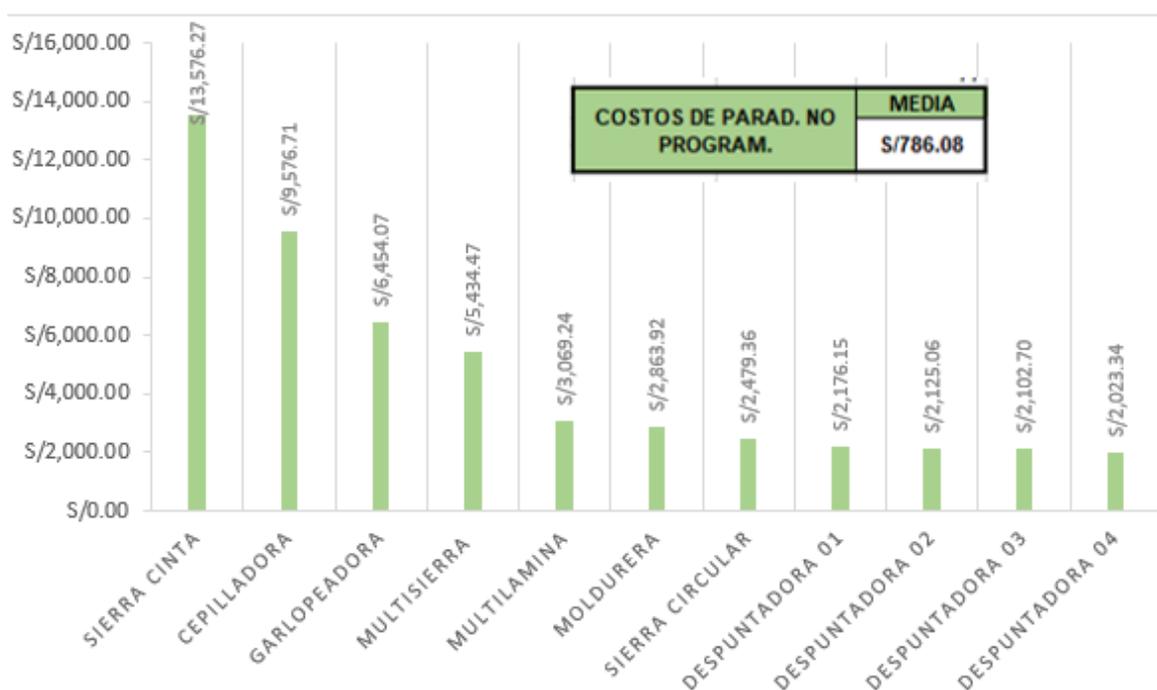
| MODO DE FALLA                    | ACCIONES CORRECTIVAS                            | ACCIONES PREVENTIVAS   |
|----------------------------------|---|--|
| Descalibrado de volante          | Cepillado de volante                            | Programar engrase mensual y verificación del estado de rodajes       |
| Descentrado de ejes              | Cambio de eje                                   | Capacitación de maquinistas para no introducir material no calibrado |
| Descalibrado de mesa             | Calibrado a nivel de mesa                       | Capacitación a personal para no realizar golpes en mesa              |
| Falla en rodillo de avance       | Cambio de fajas                                 | Hacer un check llist del estado de fajas                             |
| Falla en cardan de avance        | Mantenimiento de cardan                         | Porogrmamar mantenimiento para engrase de cardan de arrastre         |
| Disparo de llave termo magnética | Cambio de llave termo magnética con guardamotor | magnéticas por suciedad en contactos                                 |
| Fallo en rodajes de eje          | Cambio de rodajes                               | Engrase mensual de rodajes   |
| Fallo en rodajes de eje          | Cambio de rodajes                               | Engrase mensual de rodajes   |
| Fallo en rodajes de eje          | Cambio de rodajes                               | Engrase mensual de rodajes   |
| Fallo en rodajes de eje          | Cambio de rodajes                               | Engrase mensual de rodajes   |
| Voladura de fusibles             | Cambio de fusibles nuevos                       | Capacitación perosnal para no introducir madera no calibrada         |

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6. Variable Dependiente: Costos por paradas no programadas de máquinas

Como vemos con los datos antes de la implementación de las mejoras, tenemos una media de costos de paradas no programados de S/. 786.08 por cada máquina evaluados desde el mes de enero del 2020 hasta el mes de febrero del 2020 (6 semanas).

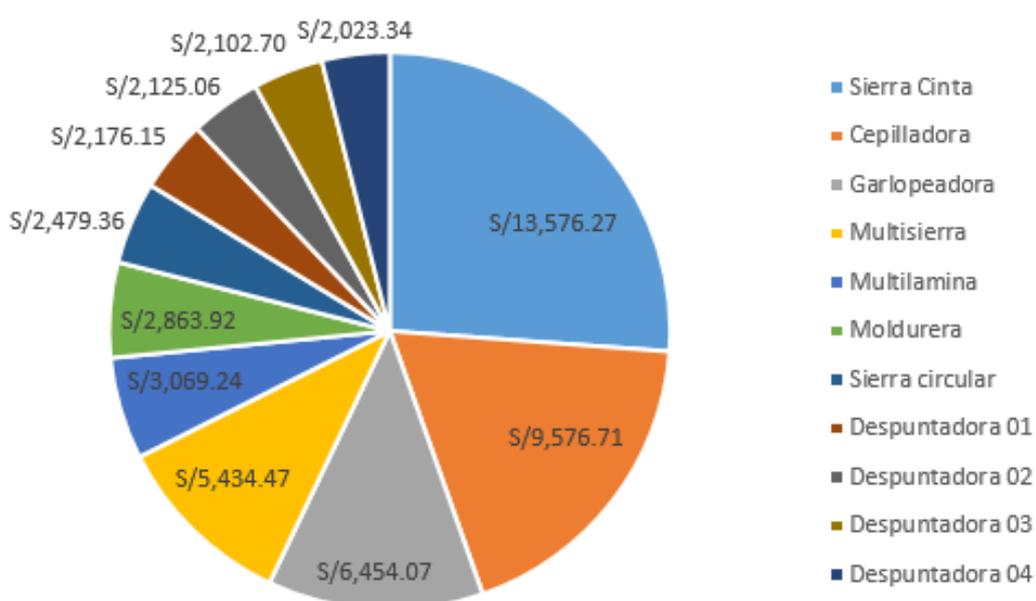
Figura 19: Costos de Paradas No Programadas por máquina



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico representado de otra forma se ve claramente que los costos por paradas no programadas se encuentran centrados en tres de las máquinas que son más vulnerables a las fallas.

Figura 20: Segmentación de costos de paradas no programadas por máquina



Fuente: Elaboración propia

Se presentan los descriptivos de la variable dependiente antes de la propuesta de mejora para tener un entendimiento de la situación antes del análisis y control de la calidad de energía eléctrica para reducir costos por paradas de máquinas no programadas.

*Tabla 30: Descriptivos de Variable Dependiente*

| <b>COSTOS DE PARADAS NO PROGRAMADOS</b> |           |
|---|-----------|
| Media                                   | 786.08    |
| Error típico                            | 75.75     |
| Mediana                                 | 473.37    |
| Moda                                    | #N/A      |
| Desviación estándar                     | 615.40    |
| Varianza de la muestra                  | 378716.25 |
| Curtosis                                | 0.81      |
| Coefficiente de asimetría               | 1.41      |
| Rango                                   | 2085.92   |
| Mínimo                                  | 288.12    |
| Máximo                                  | 2374.04   |
| Suma                                    | 51881.29  |
| Cuenta                                  | 66.00     |
| Mayor (1)                               | 2374.04   |
| Menor (1)                               | 288.12    |
| Nivel de confianza<br>(95.0%)           | 151.28    |

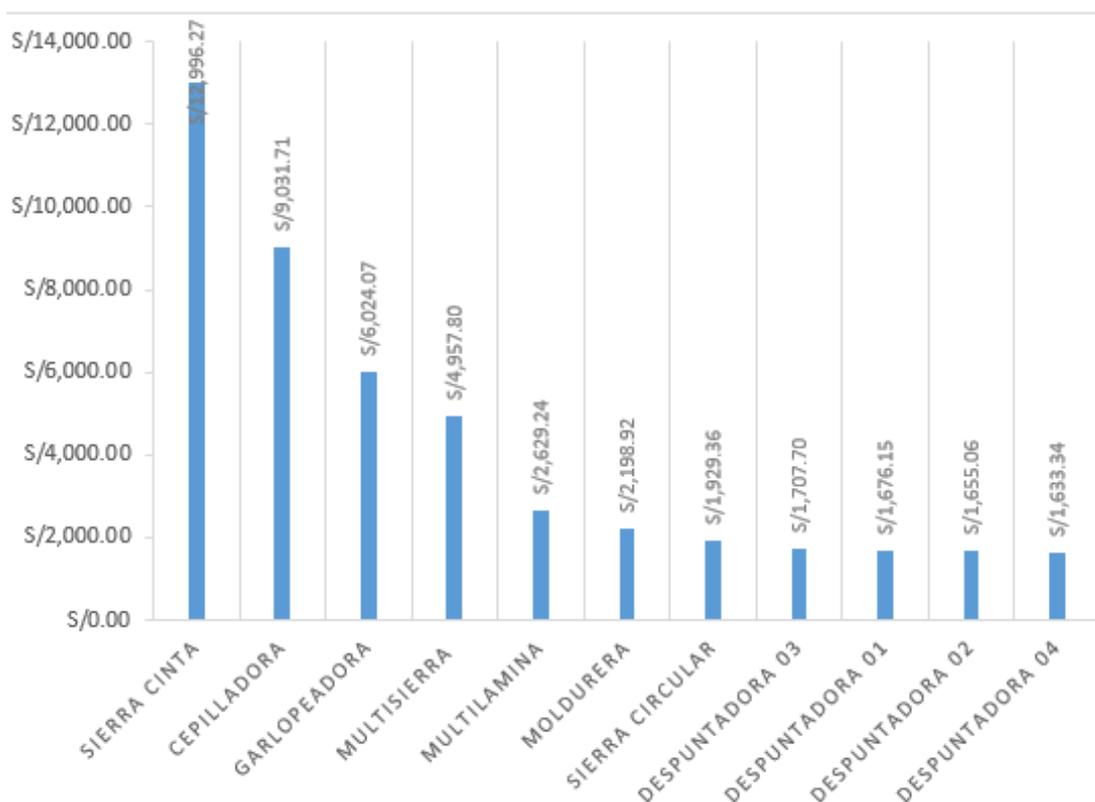
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.7. Dimensión 01: Costos de Parada de Producción

En la siguiente dimensión se analiza los costos que se dejan de ganar por no producir por el efecto de la parada de producción por una mala calidad de energía, como cortes repentinos de la energía eléctrica, fallos prematuros de la maquinaria, pérdida de datos en sistemas electrónicos, equipos que se sobrecalientan, etc.

A continuación, se mostrarán los datos antes de la aplicación de la mejora en el proceso productivo de la línea de producción de la empresa maderera.

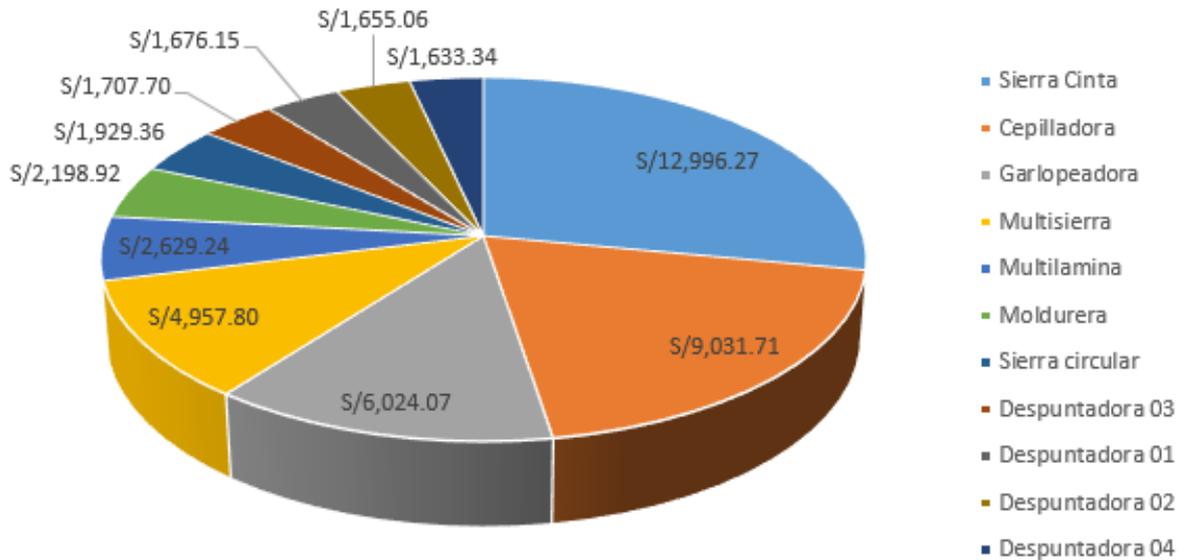
Figura 21: Costos de Parada de Producción



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se observa que la sierra cinta es la máquina que representa un mayor costo por parada de producción, quiere decir que cada vez que para esta máquina es muy probable que la línea de producción baje su rendimiento en su capacidad.

Figura 22: Costos de Parada de Producción



Fuente: Elaboración propia

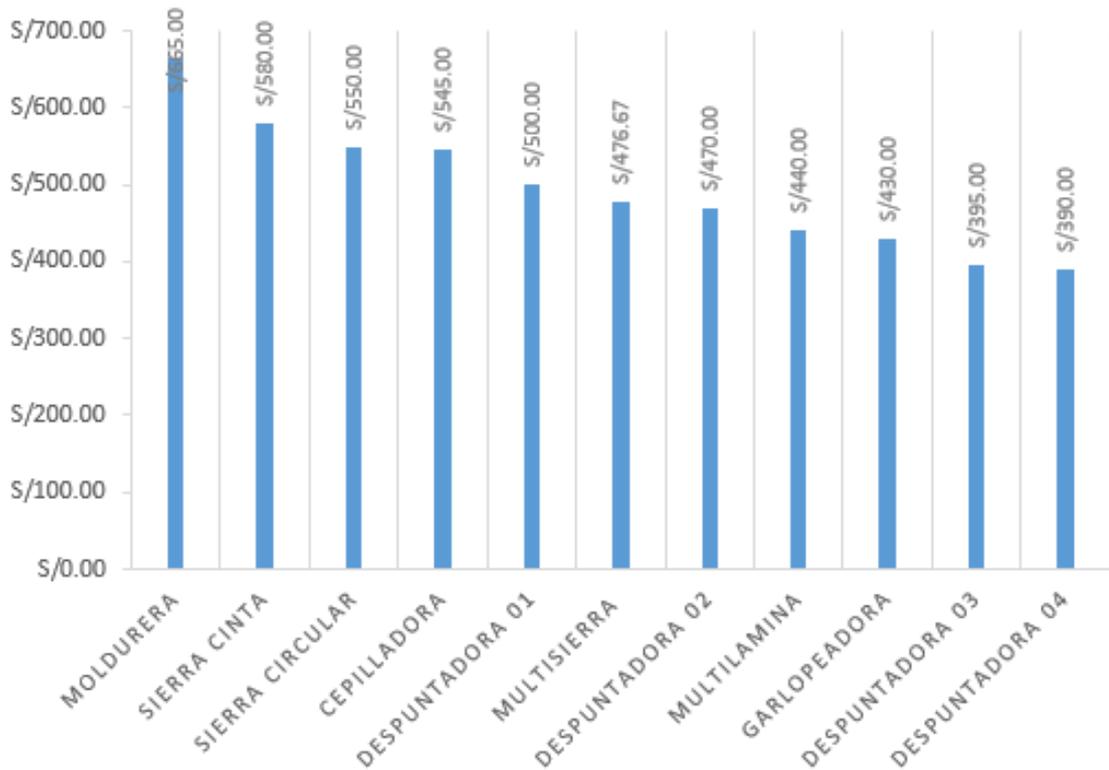
Se muestra en el siguiente gráfico otra modalidad de presentación, donde se ve claramente los costos por parada no programada de producción antes de la implementación de la mejora.

### 3.1.8. Dimensión 02: Costos de Reparación

En esta dimensión analizaremos todos los costos incurridos por los modos de fallos que pudieron ser reducidos o también eliminados, en adelante se mostrarán los datos recolectados antes del impacto de la mejora en esta dimensión.

En el siguiente gráfico de barras, se puede observar que los costos de reparación conservan un grado de similitud, ya que no hay diferencias importantes entre cada una de las máquinas que conforman la línea de producción, sin embargo, los costos por reparación son elevados, se calculó los valores antes de la mejora por S/. 11,376.67 soles, los cuales pueden ser reducidos con la herramienta AMEF detallada anteriormente.

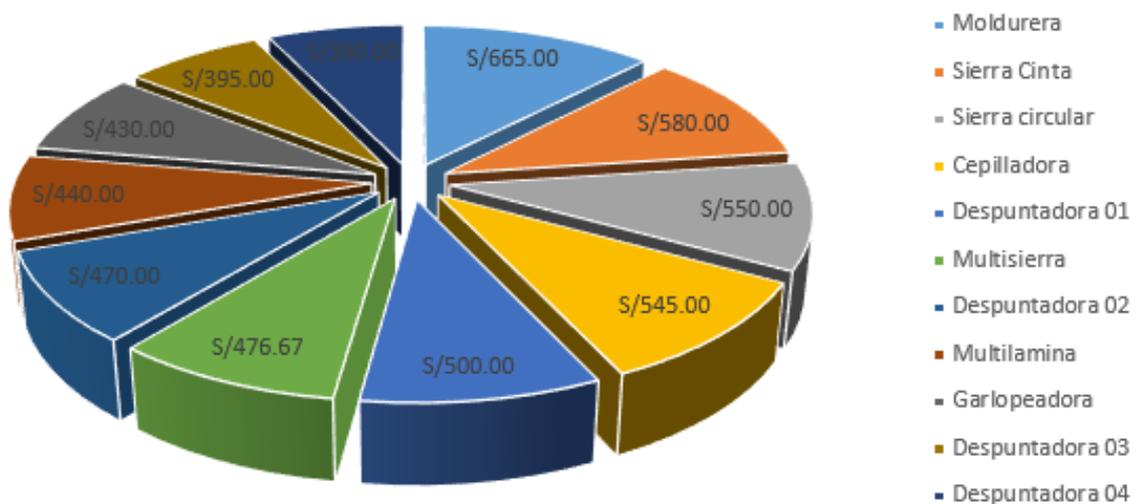
Figura 23: Costos de Reparación



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico siguiente se muestra de otro panorama, confirmando que no hay mucha diferencia entre cada una de ellas, en relación con los costos por reparación.

Figura 24: Costos de Reparación



Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Estadística Descriptiva: VARIABLE INDEPENDIENTE

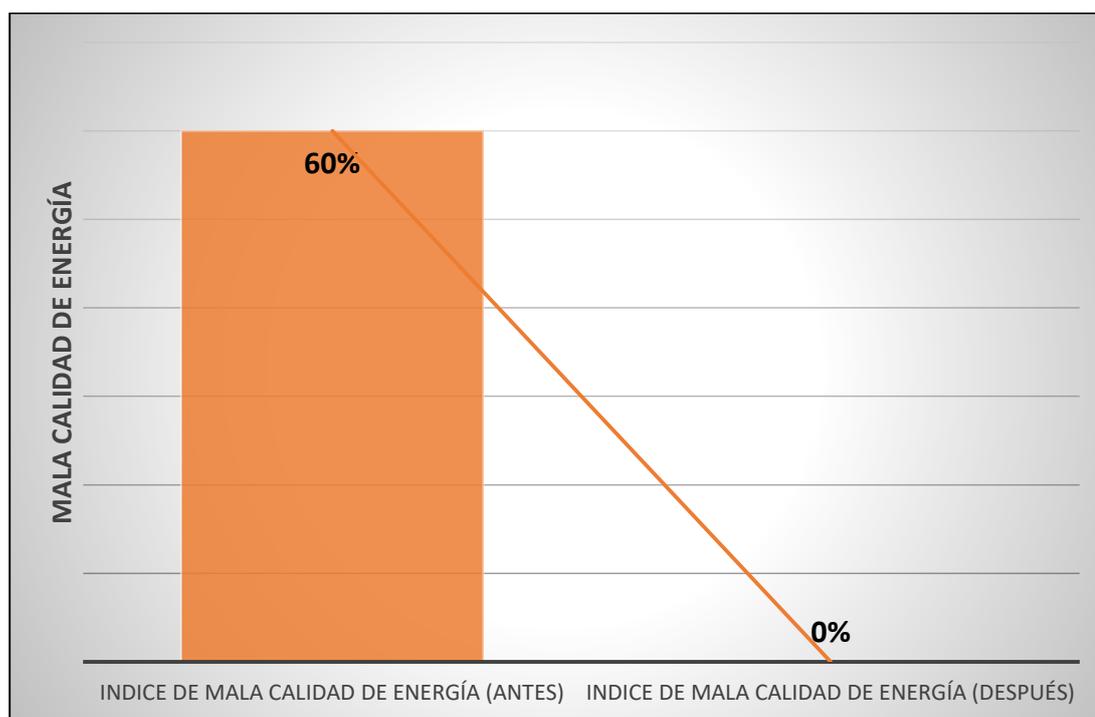
#### Indicador 01: Nivel de Perturbaciones Actuales

Tabla 31: Nivel de Perturbaciones Actuales Antes y Después

| Descripción                                 | # Perturbaciones actuales | # Total de Variables eléctricas evaluadas | Nivel de Perturbaciones Actuales(%) |
|---|---------------------------|---|-------------------------------------|
| Indice de Mala Calidad de Energía (ANTES)   | 3                         | 5   | 60%                                 |
| Indice de Mala Calidad de Energía (DESPUÉS) | 0                         | 5   | 0%                                  |

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Nivel de Perturbaciones actuales en %



En la tabla 31 y la figura 25 se muestra de una manera clara que las mejoras realizadas al sistema eléctrico han tenido un impacto positivo a toda la red, gozando de una mejor calidad de energía eléctrica. De acuerdo con los datos recolectados en el antes y después de la investigación.

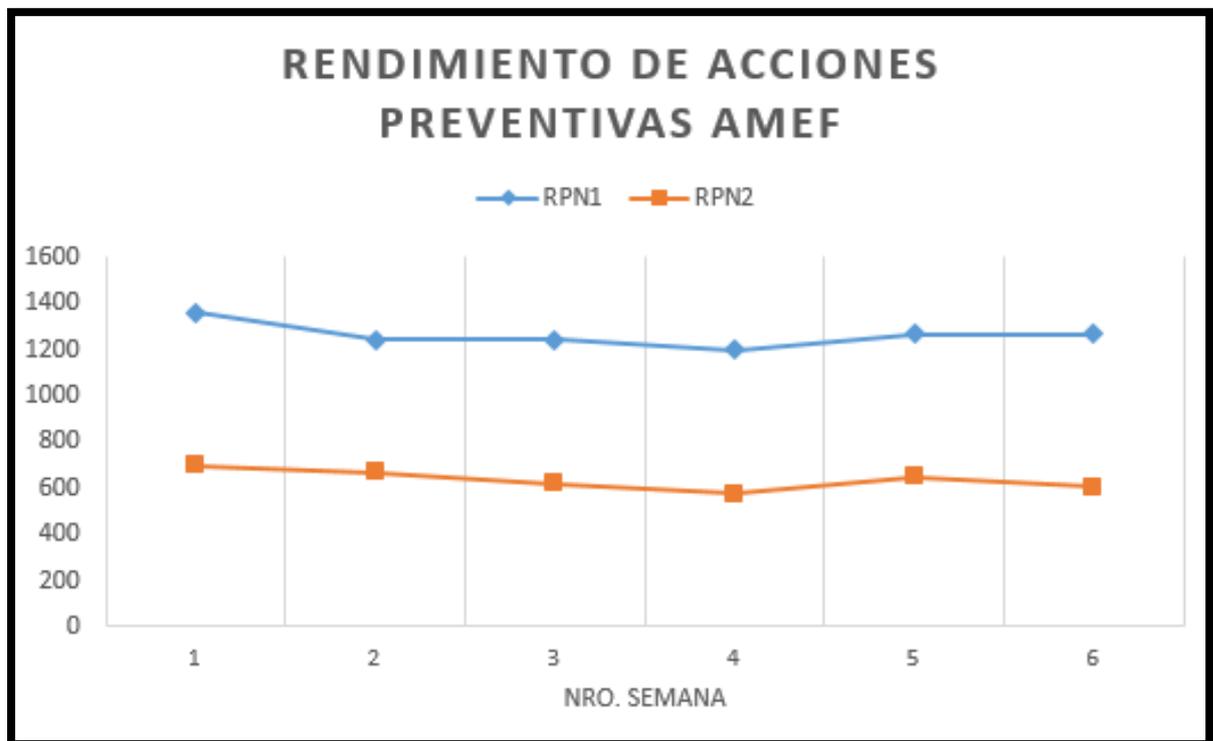
## Indicador 02: Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

Tabla 32: Impacto del AMEF Antes y Después de la mejora

| Semana | RPN1 | RPN2 | EFEECTO NPR |
|--------|------|------|-------------|
| 1      | 1358 | 697  | 51%         |
| 2      | 1243 | 670  | 54%         |
| 3      | 1241 | 621  | 50%         |
| 4      | 1196 | 574  | 48%         |
| 5      | 1268 | 651  | 51%         |
| 6      | 1267 | 603  | 48%         |

Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Rendimiento de Acciones de Prevención del AMEF



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 y la figura 26 se hace la comparación, donde se observa que las acciones preventivas ante los modos de fallos logran aminorar el NPR en relación del pretest y el post test a un promedio de 50.3 %.

### 3.3. Estadística Descriptiva: VARIABLE DEPENDIENTE

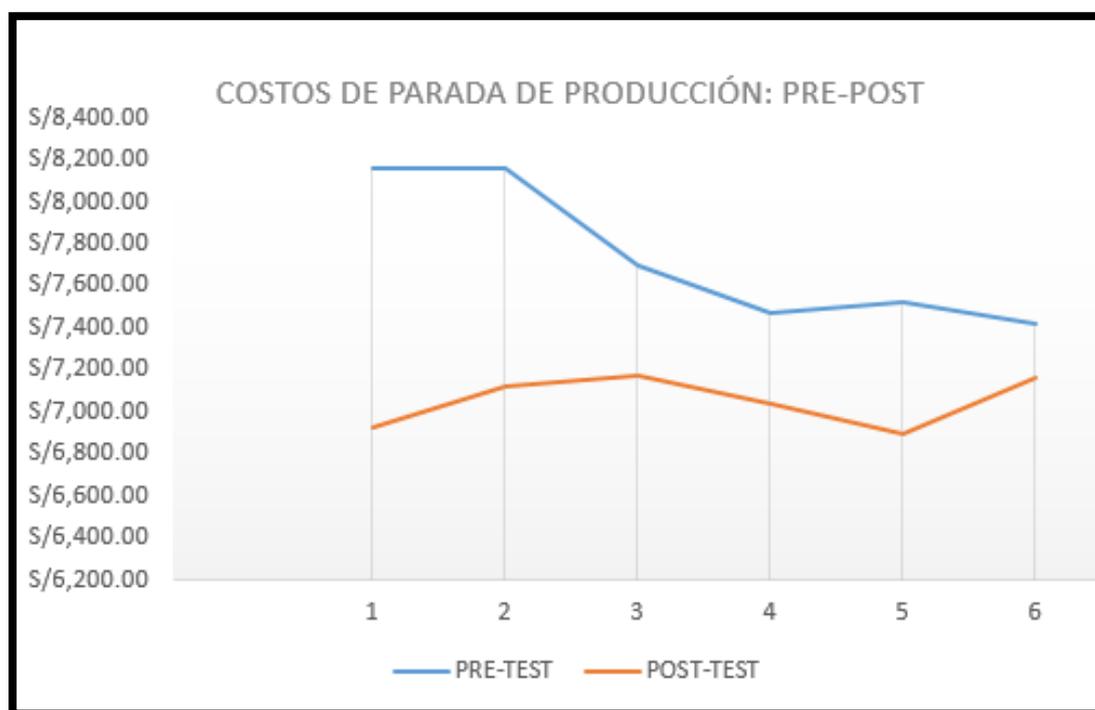
#### Indicador 01: Costos de Parada de Producción

Tabla 33: Impacto de los Costos de Parada de Producción antes y después de la mejora

| Semana No.      | PRE-TEST          | POST-TEST         | IMPACTO % |
|-----------------|-------------------|-------------------|-----------|
| 1               | S/8,163.36        | S/6,923.07        | 15%       |
| 2               | S/8,157.46        | S/7,125.06        | 13%       |
| 3               | S/7,701.14        | S/7,176.84        | 7%        |
| 4               | S/7,474.64        | S/7,034.77        | 6%        |
| 5               | S/7,523.27        | S/6,893.63        | 8%        |
| 6               | S/7,419.75        | S/7,164.56        | 3%        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>S/7,739.94</b> | <b>S/7,052.99</b> | <b>9%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Impacto de los Costos de Parada de Producción antes y después de la mejora



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 y la figura 27 respectivamente se observa que los costos de producción presentan una variación promedio de 9% en relación con las evaluaciones antes de la implementación de las mejoras beneficiando económicamente a la empresa maderera.

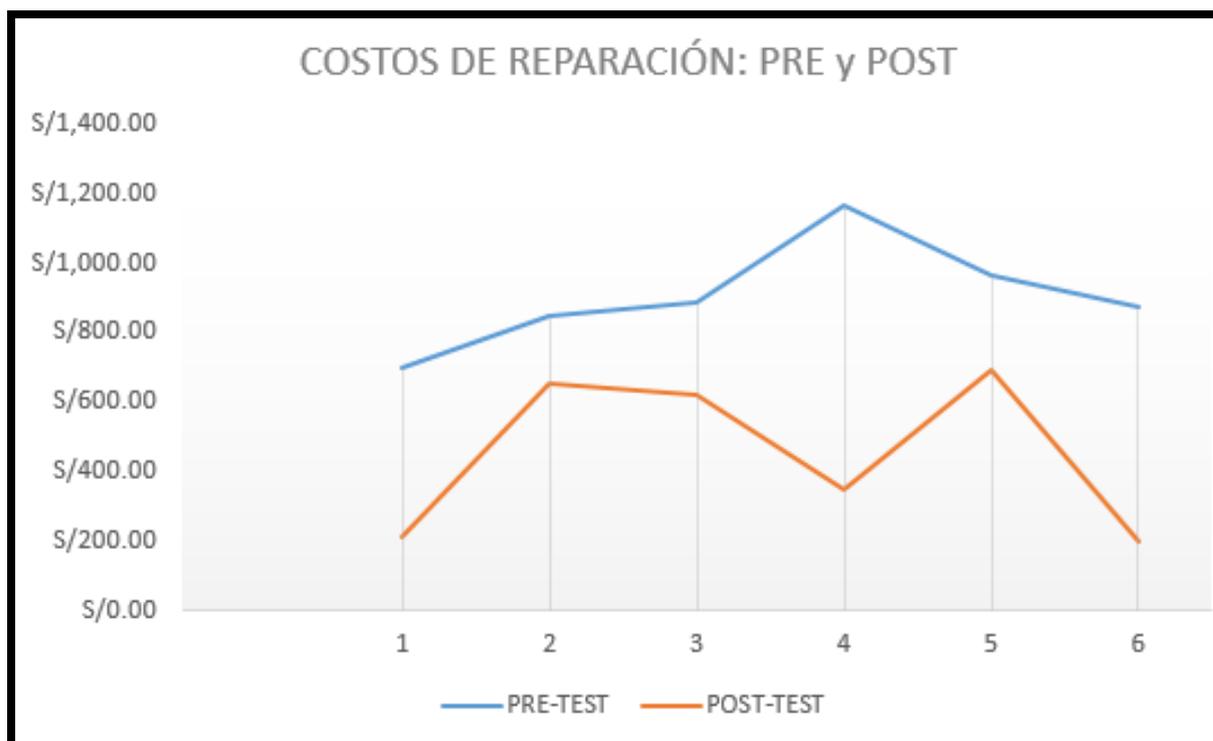
## Indicador 02: Costos de Reparación

Tabla 34: Impacto en los Costos de Reparación antes y después de la mejora

| Semana No.      | PRE-TEST        | POST-TEST       | IMPACTO %  |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 1               | S/700.00        | S/210.00        | 70%        |
| 2               | S/850.00        | S/650.00        | 24%        |
| 3               | S/885.00        | S/620.00        | 30%        |
| 4               | S/1,166.67      | S/350.00        | 70%        |
| 5               | S/965.00        | S/690.00        | 28%        |
| 6               | S/875.00        | S/200.00        | 77%        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>S/906.94</b> | <b>S/453.33</b> | <b>50%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Impacto en los Costos de Reparación antes y después de la mejora



Fuente: Elaboración propia

En la tabla y gráfico presentados se tiene que los gastos de reparación han tenido una disminución promedio del 50%, se nota claramente que este indicador ha mejorado en

relación con sus valores antes de la propuesta de mejora, reduciendo los costos por reparación y la disminución de las paradas no programadas.

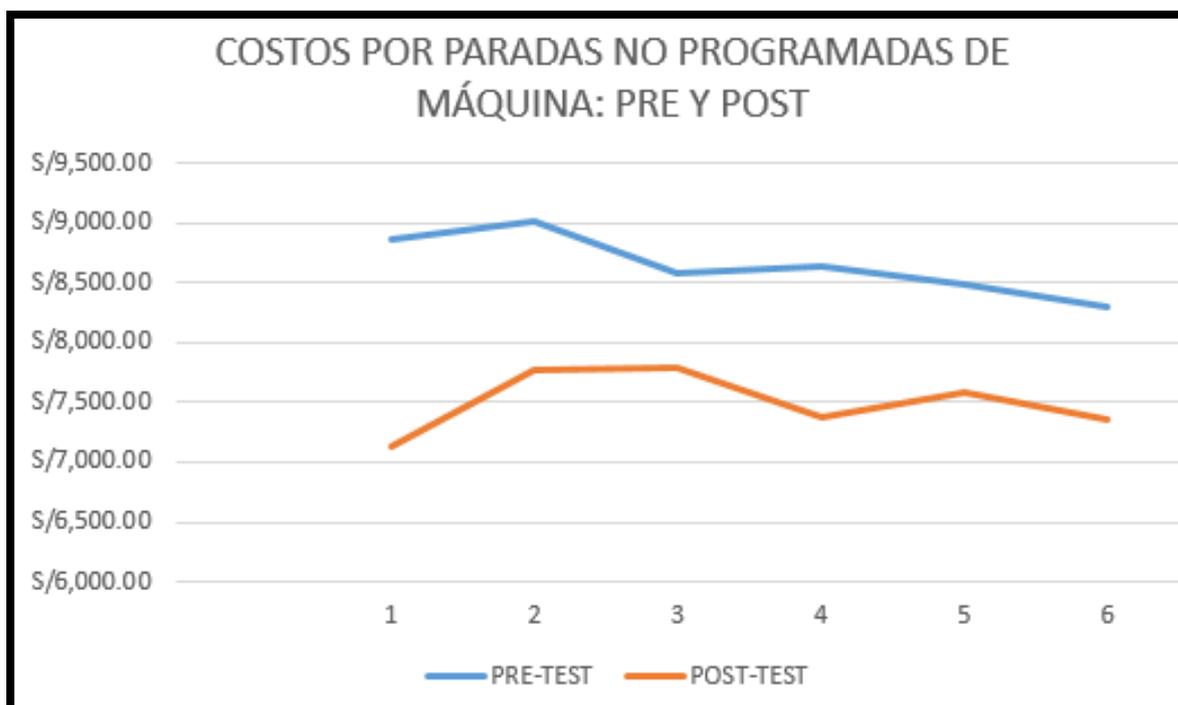
**VARIABLE DEPENDIENTE: Costos por paradas no programadas de máquinas**

*Tabla 35: Impacto de los Costos por Paradas no programadas de máquinas*

| Semana No.      | PRE-TEST          | POST-TEST         | IMPACTO %  |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1               | S/8,863.36        | S/7,133.07        | 20%        |
| 2               | S/9,007.46        | S/7,775.06        | 14%        |
| 3               | S/8,586.14        | S/7,796.84        | 9%         |
| 4               | S/8,641.31        | S/7,384.77        | 15%        |
| 5               | S/8,488.27        | S/7,583.63        | 11%        |
| 6               | S/8,294.75        | S/7,364.56        | 11%        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>S/8,646.88</b> | <b>S/7,506.32</b> | <b>13%</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

*Figura 29: Impacto de los Costos por Paradas no programadas de máquinas*



*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 35 y la figura 29 mostrados se muestra la tendencia de los costos por paradas no programadas de las máquinas en la empresa maderera, donde se observa que la variación porcentual entre los análisis del pre test y post test es una reducción del 13%, beneficiando de alguna manera los altos costos que venía manejando anteriormente, a esto se suma la conservación en buenas condiciones de las máquinas y equipos por una buena calidad de energía eléctrica.

### 3.4. Análisis Inferencial

#### Prueba de Normalidad para los Costos por parada no programadas de máquinas

##### Prueba de hipótesis general

Ho: El análisis y control de la calidad de la energía eléctrica no reduce los costos por paradas no programadas de máquinas de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Ha: El análisis y control de la calidad de la energía eléctrica reduce los costos por paradas no programadas de máquinas de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

##### Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Ca} = \mu_{Cd}$$

$$H_a: \mu_{Ca} > \mu_{Cd}$$

Tabla 36: Prueba de Normalidad

|  | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|--|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|  | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| COSTOS DE PARADAS NO PROGRAMADOS_ANTES   | ,278                            | 66 | ,000 | ,754         | 66 | ,000 |
| COSTOS DE PARADAS NO PROGRAMADOS_DESPUÉS | ,234                            | 66 | ,000 | ,745         | 66 | ,000 |

Fuente: SPSS

### Región crítica

(Sig.)  $p = .000 < 0.05$

Conclusión: El análisis y control de la calidad de la energía eléctrica reduce los costos por paradas no programadas de máquinas de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

En la tabla se muestra que  $p$  es menor a 0.05 que significa que la hipótesis nula se rechaza y la hipótesis alterna se acepta.

### **Prueba de Hipótesis Específica 01**

Ho: El control de perturbaciones en la Calidad de la Energía eléctrica no reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.

Ha: El control de perturbaciones en la Calidad de la Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.

$$H_0: \mu_{Ca} = \mu_{Cd}$$

$$H_a: \mu_{Ca} > \mu_{Cd}$$

Tabla 37: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

|                                    |                     | Costos de Parada de Producción_ANTES | Costos de Parada de Producción_DESPUÉS |
|------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|
| N                                  |                     | 66                                   | 66                                     |
| Parámetros normales <sup>a,b</sup> | Media               | S/.703.63                            | S/.641.18                              |
|                                    | Desviación estándar | S/.610.77                            | S/.564.37                              |
| Máximas diferencias extremas       | Absoluta            | ,281                                 | ,313                                   |
|                                    | Positivo            | ,281                                 | ,313                                   |
|                                    | Negativo            | -,213                                | -,242                                  |
| Estadístico de prueba              |                     | ,281                                 | ,313                                   |
| Sig. asintótica (bilateral)        |                     | ,000 <sup>c</sup>                    | ,000 <sup>c</sup>                      |

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: SPSS

### Región crítica

(Sig.)  $p = .000 < 0.05$

Conclusión: El control de perturbaciones en la Calidad de la Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.

En la tabla se muestra que  $p$  es menor a 0.05 que significa que la hipótesis nula se rechaza y la hipótesis alterna se acepta.

### **Prueba de Hipótesis Específica 02**

Ho: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica no reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Ha: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

$$H_0: \mu_{Ca} = \mu_{Cd}$$

$$H_a: \mu_{Ca} > \mu_{Cd}$$

Tabla 38: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

|                                    |                     | Costos de Reparación_ANTES | Costos de Reparación_DESPUÉS |
|------------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| N                                  |                     | 66                         | 66                           |
| Parámetros normales <sup>a,b</sup> | Media               | S/.82.4495                 | S/.41.2121                   |
|                                    | Desviación estándar | S/.26.11320                | S/.72.97028                  |
| Máximas diferencias extremas       | Absoluta            | ,097                       | ,396                         |
|                                    | Positivo            | ,093                       | ,396                         |
|                                    | Negativo            | -,097                      | -,286                        |
| Estadístico de prueba              |                     | ,097                       | ,396                         |
| Sig. asintótica (bilateral)        |                     | ,200 <sup>c,d</sup>        | ,000 <sup>c</sup>            |

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: SPSS

Región crítica

(Sig.)  $p = .000 < 0.05$

Conclusión: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.

En la tabla se muestra que  $p$  es menor a 0.05 que significa que la hipótesis nula se rechaza y la hipótesis alterna se acepta.

#### **IV. DISCUSIÓN**

De acuerdo al estudio realizado se logra demostrar que el análisis y control de la calidad de la energía eléctrica logra reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., teniendo resultados positivos en relación a las evaluaciones antes de la implementación de las mejoras esto se vio reflejado en la reducción de los costos de paradas de producción con una variación promedio del 9%, la reducción en los costos de reparación en un 50%, costos por paradas no programadas en un 13%, siendo todo ello un beneficio económico para la empresa.

El trabajo de investigación tuvo limitaciones en el desarrollo dado el contexto que viene sucediendo a nivel mundial debido a la pandemia que generó restricciones para realizar las pruebas en campo que no permitieron evaluar otros factores que hubieran dado un panorama más amplio para nuestro estudio y brindar mejores propuestas de solución, pero logra hacer notar que la empresa puede desarrollar una ideología de mejora continua a partir del análisis y control de la calidad de energía eléctrica,

El trabajo de investigación al igual que el de Plasencia G. (2018), logra coincidir demostrando que las paradas y fallas de los equipos electromecánicos dentro de una instalación son consecuencia de una mala calidad de energía eléctrica, esto nos demuestra que, para elevar la productividad, la confiabilidad de los equipos y de las máquinas eléctricas deberá existir una buena calidad de energía eléctrica.

El trabajo de investigación guarda relación con lo que sostiene Ramos E. y Riveros S. (2018) que logra optimizar el factor de potencia de un valor promedio mínimo que es 0.85 a un valor satisfactorio de 0,98, logrando mejorar el uso de energía activa útil y tener un desperdicio mínimo de energía evitando con ello caídas de tensión, recargos en la facturación, aumento en la potencia disponible en la instalación, logrando de esta manera beneficios económicos para la empresa.

Del mismo modo, Marroquín, J. (2012) coincide con el presente trabajo de investigación donde se logra determinar a través del análisis de la calidad de la energía eléctrica que las anomalías o perturbaciones y desbalances se dan en un sistema eléctrico trifásico que alimentan a máquinas de gran potencia y en consecuencia generan un alto costo en el mantenimiento por fallas y paradas intempestivas o no programadas.

Debido a la presencia de fallas constante paradas de máquinas y por consiguiente de la producción y en la mayoría de los casos el daño de los productos y también de la

máquina misma se vio pertinente tomarlo como objeto de estudio y lograr formular el problema que se ha venido desarrollando, del cómo y de qué manera el análisis y control de la calidad de la energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Posteriormente se ha realizado evaluaciones de la calidad de la energía eléctrica a través de un analizador de redes eléctricas trifásico POWER QUALITY ANALYZER, modelo PQ – BOX100 arrojando valores que demostraron que existía una mala calidad de energía, tales como caídas de tensión, desequilibrio de corriente, factor de potencia con niveles bajos.

Con las mediciones efectuadas a través del analizador de redes eléctricas se determinó que la empresa concesionaria estaba suministrando una mala calidad de tensión incumpliendo lo establecido en el numeral 4.1.2 de la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales, lo cual servirá a la empresa Gestión Maderera S.A.C., para que exijan la compensación por mala calidad de tensión la que por ley le corresponde.

## **V. CONCLUSIONES**

De este proyecto de investigación se puede concluir lo siguiente:

Que en base a un análisis y tratamiento de la calidad de energía eléctrica se logra controlar las perturbaciones que se presentan dentro de una instalación eléctrica, y esto a su vez reduce los costos por paradas de producción, con esto evidencia que el objetivo específico queda demostrado que tiene un impacto positivo y permite tener un sistema eléctrico estable y confiable.

También se concluye que el objetivo de aplicar un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF), de la calidad de energía eléctrica logra reducir los costos de reparación en la empresa Gestión Maderera S.A.C. tal y como lo demuestra la prueba de hipótesis alternativa presentada, esto logra evidenciar a través del efecto del número de prioridad de riesgo (RPN), que tuvo un impacto bastante favorable para la empresa luego de la implementación de la mejora.

Con respecto al tema de la calidad de energía eléctrica se ha logrado visualizar en base a los resultados que se ha logrado mejoras en el sistema eléctrico como es el caso de la regulación de tensión que se encontraba muy por debajo de los límites establecidos por la NTCSE y el estándar Std-IEEE1100-1999., obteniendo con ello una mejor producción ya que las máquinas vienen cumpliendo su jornada laboral sin interrupciones, del mismo modo se ha optimizado el factor de potencia logrando utilizar la energía activa o útil casi en su totalidad esto gracias a la implementación de un banco de condensadores, así mismo se ha podido hacer una distribución simétrica de las cargas eléctricas ( balanceo de cargas).

Todas estas mejoras han permitido en líneas generales resultados positivos para la empresa, y todo ello se ve reflejado en la reducción de costos por paradas no programadas de máquinas, reducción de costos por paradas de producción, y esto se mantendrá en el tiempo según como la empresa mantenga un plan de análisis de la calidad de la energía eléctrica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar un análisis y tratamiento de la calidad de energía eléctrica para lograr controlar las perturbaciones que se presenten dentro de una instalación eléctrica, y esto a su vez reduce los costos por paradas de producción, para ello se deberá implementar un área de mantenimiento que monitoree y planifique cronogramas de análisis y control.

Del estudio realizado podemos recomendar implementar un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)., respecto a la calidad de energía eléctrica para lograr reducir los costos de reparación de máquinas eléctricas y electromecánicas garantizando de esta manera la confiabilidad de la producción.

La concesionaria debe tomar mayor importancia a la calidad de tensión y calidad de producto en los sectores de distribución y utilización ya que un adecuado diseño, operación y mantenimiento de sus instalaciones eléctricas podría evitar daños a los equipos, máquinas eléctricas y electromecánicas usuarias finales.

Al no existir una norma que obligue a las empresas a subsanar la mala calidad de tensión, el Osinergmin a través de sus oficinas debería realizar mediciones especiales para verificar la calidad de tensión y dictar medidas correctivas para los casos donde se identifiquen la mala calidad de tensión, como es el caso que se venía presentando en la empresa Gestión Maderera S.A.C.

Existe la necesidad de que las empresas de distribución eléctrica tomen mayor importancia al problema de la mala calidad de tensión a nivel nacional, realizando un buen diseño de las instalaciones eléctricas, una adecuada regulación de los equipos de transformación y un mantenimiento periódico para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

De igual modo existe la necesidad que las empresas que buscan optimizar sus activos e ir desarrollando una política de mantenimiento que le permita incrementar su producción con efectividad le den la debida importancia a la calidad de la energía eléctrica, a través de un buen diseño eléctrico basado en normas y estándares, ya que dependen de ella para garantizar el funcionamiento óptimo de sus instalaciones.

## **VII. REFERENCIAS**

1. Sifuentes, D. (2012). Análisis de la calidad de energía del sistema eléctrico de la empresa BIO-PAPPEL. 2012. Durango, México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/813/1/David%20Alejandro%20Sifuentes%20Godoy%20Maestr%C3%ADa%20en%20Ciencias%20en%20Energ%C3%ADas%20Renovables.pdf>.
2. Marroquin, J. (2012). Procedimiento para el estudio de la calidad de la potencia eléctrica en el sector textil de Guatemala para reducción de costos de operación y mantenimiento en esta industria. 2012. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0303\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0303_EO.pdf).
3. Nicaragua R. y Rivera F. (2017). Propuesta de Metodología Para el Análisis y Estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica. 2017. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1527/1/91216.pdf>.
4. Ramos E. y Riveros S. (2018). Análisis de la eficiencia energética y calidad de la energía eléctrica en la planta industrial de procesamiento de alimentos agroindustrias Cirnma S.R.L. 2018. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de [file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/Ramos\\_Ramos\\_Erik\\_David\\_Riveros\\_Arcaya\\_Schaddai\\_Emanuel.pdf](file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/Ramos_Ramos_Erik_David_Riveros_Arcaya_Schaddai_Emanuel.pdf).
5. Machaca J. y Coila A. (2017) Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes. 2017. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de [file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/Machaca\\_Vilca\\_Julio\\_Carlos\\_Coila\\_Delgado\\_Abell\\_Alexis.pdf](file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/Machaca_Vilca_Julio_Carlos_Coila_Delgado_Abell_Alexis.pdf).
6. Jiménez S. (2005). Metodología para la estimación de pérdidas técnicas en una red de distribución de energía eléctrica. 2005. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/182/1/jimenez\\_rs.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/182/1/jimenez_rs.pdf).
7. Peña E. (2016). Comparación de la eficiencia de las empresas de distribución de electricidad del Estado Peruano: considerando el parámetro calidad de suministro del servicio. 2016. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/15%20->

- %2015AF110LA/Downloads/PENA\_GARCIA\_EDWIN\_SEGUNDO\_COMPARACION.pdf.
8. Ministerio de Energía y Minas Anuario Estadístico de Electricidad 2017-2018. Obtenido de file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf.
  9. Saucedo, D. & Taxis, J. (2008). Factores que afectan la calidad de la energía y su solución. 2008. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional, México. Obtenido de file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/FINALsauicedomtz.pdf.
  10. Trujillano, E. (2017) Evaluación de la Calidad de la energía eléctrica y Cálculo de la opción tarifaria adecuada para el Hospital Privado Juan Pablo II ubicado en el distrito La victoria Provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo 2017. Obtenido de file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/BC-TES-TMP-809.pdf.
  11. Santana J. & Zambrano J. (2013). Estudio y análisis de Calidad de Energía Del Cuarto Eléctrico Servicios Generales Holcim Planta Guayaquil. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana 2013. Obtenido de file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Downloads/UPS-GT000487.pdf.
  12. Leonardo M. (2018). Estudio y Análisis de calidad de energía del sistema eléctrico de potencia en la empresa Agua Lima S.A.C. para aumentar continuidad de servicio y reducir costos de electricidad. Trujillo-Perú: Universidad César Vallejo 2018. Obtenido de [http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/36807/leonardo\\_fm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/36807/leonardo_fm.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  13. Plasencia G. (2018) Análisis de la calidad d energía eléctrica para mejorar la confiabilidad de los equipos electromecánicos del fundo Dao S.A.C. de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C. Trujillo-Perú: Universidad César Vallejo 2018. Obtenido de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26583/plasencia\\_mg.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26583/plasencia_mg.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  14. Salazar, B. (2019). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. Recuperado el 12 de junio de 2020, Ingeniería Industrial Online.com web site:
  15. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modoy-efecto-de-fallas-amef/>.

16. Aguilar-Otero, José R., & Torres-Arcique, Rocío, & Magaña-Jiménez, Diana (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1) ,15-26. [Fecha de Consulta 12 de junio de 2020]. ISSN: 0186-6036. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=482/48215094003>.
17. Amendola, Luis (2006). *Metodología de Dirección y Gestión de Proyectos de Paradas de Planta de Proceso*. Universidad Politécnica de Valencia. España. Disponible en: [http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento\\_archivos/paradas%20planta%20luis%20amendola.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/paradas%20planta%20luis%20amendola.pdf).
18. Castelli, M. (2008) *Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asíncronos de inducción*. Universidad de Montevideo. Uruguay. Disponible en: [http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_investigacion/web\\_investigacion\\_50\\_Memoria\\_2\\_MetodologiadeMonitoreo.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_investigacion/web_investigacion_50_Memoria_2_MetodologiadeMonitoreo.pdf).
19. Amendola, L. (2017) *Identificación de las fases críticas y criterios de decisión de los proyectos de paradas de planta de procesos químicos alineados al Business Plan y retos de la Gestión de Activos Físicos. Casos: Sur América, España y Portugal*. Universidad Politécnica de Valencia. España. Disponible en: <https://pmm-bs.com/wp-content/uploads/2017/11/Articulo-de-Paradas-de-Planta-2017-L-Amendola.pdf>.
20. (2017) Costos de Mantenimiento y Parada de Planta. Easy Maint Blog. Ciudad de México, México. Disponible en: [http://easy-maint.net/blog\\_easymaint/2017/03/16/costos-de-mantenimiento-y-parada-de-planta/](http://easy-maint.net/blog_easymaint/2017/03/16/costos-de-mantenimiento-y-parada-de-planta/).
21. Hernández, R., Fernández C., Baptista, M. (2014) *Metodología de la Investigación* 6ta. Edición México: Mc Graw Hill. ISBN: 978-1-4562-2396-0. 600 p. Obtenido de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
22. Mayorca, R. (2019). *Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una pyme utilizando el RCM*. Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625619/MAYORCA\\_A.R.Pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625619/MAYORCA_A.R.Pdf?sequence=1&isAllowed=y).

23. Arias-Gómez, J., & Villasís-Keever, M., y Miranda Novales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63 (2), 201-206. [Fecha de consulta 13 de junio de 2020]. ISSN: 0002-5151. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4867/486755023011>.
24. Adrián, Y. (Última edición: 10 de junio del 2020). Definición de Alfa de Cronbach. Recuperado de: [//conceptodefinicion.de/alfa-de-cronbach/](http://conceptodefinicion.de/alfa-de-cronbach/). Consultado el 14 de junio del 2020.
25. Bernal, C. (2010) Metodología de la Investigación administración, economía, Humanidades, y ciencias sociales. Tercera edición. Pearson Educación, Colombia, 2010 ISBN 978-958-699-128-5. Páginas: 320. Obtenido de: <http://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
26. Espinoza, N. & Beltrán J. (2016) Mejoramiento del Sistema Eléctrico de la Ciudad de Puerto Maldonado en Media Tensión. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco-Perú. Obtenido de: [file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/253T20160065\\_TC.pdf](file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/253T20160065_TC.pdf).
27. Zapata, Y. (2010) Análisis electrónico de las soluciones que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. Obtenido de: <file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/bmfciz.35a.pdf>.
28. Cáceres, M. & Flores, D. & Gutiérrez, J. (2017) Gestión de la Calidad en las empresas de transmisión de energía eléctrica en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima\_Perú. Obtenido de: [file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/CACERES\\_FLORES\\_GESTION\\_ELECTRICA.pdf](file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/CACERES_FLORES_GESTION_ELECTRICA.pdf).
29. Marrero, L. (2017) Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. La Habana-Cuba. Ingeniería Energética, vol.XXXVIII, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017, pp. 156-165. Obtenido de: <file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/bmfciz.35a.pdf>.

- %2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/  
CALI%20CIR%20ELE.pdf.
30. Campos, M. (2017) Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la factoría Servicios Industriales Aybar. Cajamarca-Perú. Universidad César Vallejo, Perú. Obtenido de: file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/  
Campos%202017.pdf.
  31. Mercado, V. & Peña, B. & Pacheco, L. (2017) Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. Ciencia e Ingeniería, vol. 38, núm. 2, 2017. Universidad de los Andes, Venezuela. Obtenido de: file:///C:/Users/15%20-%2015AF110LA/Desktop/UCV%20X/TESIS%20I%20ARCOS/Referencias%20X/  
Calidad%20SPAT.pdf.
  32. Ccorahua, A. (2017) Aplicación de la Mejora Continua de procesos para incrementar la productividad en la línea de producción de centrifugas de la empresa Cimelco S.R.L. Lima, Perú. Universidad César Vallejo, Perú.
  33. Vizcaíno, R. (2017) Análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la zona cultural universitaria de la UNAM. Cd. México. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
  34. Fernández, W. (2017) Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea. Universidad César Vallejo. Perú.
  35. Berenguer Ungaro, Mónica Rosario, & Hernández Rodríguez, Norma Rafaela, & Conde García, Rebeca Esther, & Arias Gilart, Ramón, & Deás Yero, Douglas (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. Ingeniería Energética, XXXIX (1) ,62-68. [Fecha de Consulta 26 de junio de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3291/329158888009>.
  36. Arias-Gómez, Jesús, & Villasís-Keever, Miguel Ángel, & Miranda Novales, María Guadalupe (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México, 63(2) ,201-206. [Fecha de Consulta 26 de junio de 2020]. ISSN: 0002-5151. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4867/486755023011>
  37. Aguilar-Otero, José R., & Torres-Arcique, Rocío, & Magaña-Jiménez, Diana (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación

del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1) ,15-26. [Fecha de Consulta 26 de junio de 2020]. ISSN: 0186-6036. Disponible

en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=482/48215094003>.

38. Fluke. (2020). Calidad eléctrica: Analizadores, medidores, grabadores y registradores. Obtenido de Fluke corporacion: <https://www.fluke.com/es-ve/productos/comprobacion-electrica/calidad-electrica#country-picker-mobile>
39. Iecor. (2016). CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Obtenido de Iecor: <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>

## **ANEXOS**

• **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

AUTOR: Arcos Martínez, Pedro/ Escobedo Hidalgo, José

FECHA:30/06/20

ASESOR: Añazco Escobar, Dixon

TÍTULO: Análisis y control de calidad de energía eléctrica para reducir costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020

| <b>PROBLEMAS</b>   | <b>OBJETIVOS</b>  | <b>HIPÓTESIS</b>  | <b>VARIABLES</b>   | <b>METODOLOGÍA</b>   |
|--|---|---|--|--|
| <b>Problema General</b>  | <b>Objetivo General</b>   | <b>Hipótesis General</b>  | <b>V. Independiente</b>  | <b><u>Tipo de Investigación</u></b>  |
| ¿De qué manera el análisis y control de la calidad de energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020? | Determinar de qué manera el análisis y control de la calidad de energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020 | El análisis y control de la calidad de energía eléctrica permitirá reducir los costos por paradas no programadas de máquinas en la empresa Gestión Maderera S.A.C., Lurigancho-Chosica, 2020. | Calidad de Energía<br><br><u>Dimensión 01</u><br>Nivel de Perturbaciones Actuales<br><br><u>Dimensión 02</u><br>Análisis del modo y efecto de fallas | El estudio es del tipo Aplicada, ya que analizará la posibilidad de poder dar solución a las paradas no programadas de máquinas por efecto de la mala calidad de energía.<br><br><b><u>Nivel de Investigación</u></b><br>La investigación se dará a un nivel explicativo, ya que tiene como objetivo determinar las causas de la mala calidad de la energía eléctrica.<br><br><b><u>Diseño de la Investigación</u></b><br>La investigación se realizará de manera experimental porque se analizarán los comportamientos de la calidad de la energía eléctrica y transversal porque las variables se estudiarán en un determinado momento.<br><br><b><u>Población</u></b> |

| Problemas Específicos   | Objetivos Específicos   | Hipótesis Específicas   | V. Dependiente   |  |
|---|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida el control de perturbaciones en calidad de energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.?</li> <li>¿En qué medida el Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la calidad de energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar en qué medida el control de perturbaciones en Calidad de Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.</li> <li>Determinar en qué medida el Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El control de perturbaciones en la Calidad de la Energía eléctrica reduce los costos por paradas de producción en la empresa de Gestión Maderera S.A.C.</li> <li>El Análisis del Modo y Efecto de Fallas de la Calidad de Energía eléctrica reduce los costos de reparación de la empresa Gestión Maderera S.A.C.</li> </ul> | <p>Costos de Paradas No programadas de máquinas</p> <p><u>Dimensión 01</u></p> <p>Costos de paradas de producción</p> <p><u>Dimensión 02</u></p> <p>Costos de Reparación</p> | <p>Estará representado por todas las máquinas de la empresa Gestión Maderera S.A.C.</p> <p><b><u>Muestra</u></b></p> <p>Estará conformado por las 11 máquinas presentes en la empresa.</p> <p><b><u>Técnicas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observación</li> <li>Comprobación</li> <li>Medición</li> </ul> <p><b><u>Instrumentos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hojas de Registro</li> <li>Analizador de Redes</li> </ul> <p><b><u>Indicadores</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de Perturbaciones Actuales</li> <li>Rendimiento de la Acción Preventiva</li> </ul> |

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Anexo 2: Instrumento AMEF

|                                    |   |                   |
|------------------------------------|---|-------------------|
| <b>GESTIÓN<br/>MADERERA S.A.C.</b> | <b>ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLAS</b> | <b>ELABORADO:</b> |
|                                    |   | <b>REVISADO:</b>  |
|                                    |   | <b>APROBADO:</b>  |

FECHA

ÁREA: LÍNEA DE PRODUCCIÓN

: \_\_\_\_\_

| SEMANA | MÁQUINA             | FALLA POTENCIAL | EFFECTO POTENCIAL DE FALLA | SEVERIDAD | CAUSAS POTENCIALES DE FALLA | OCURRENCIA | CONTROL ACTUAL | DETECCIÓN | RPN | ACCIONES RECOMENDADAS |
|--------|---------------------|-----------------|----------------------------|-----------|-----------------------------|------------|----------------|-----------|-----|-----------------------|
|        | Sierra Cinta        |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Cepilladora 2 caras |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Garlopa             |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Multisierra         |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Multilamina         |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Sierra Circular     |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Despuntadora 01     |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Despuntadora 02     |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Despuntadora 03     |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Despuntadora 04     |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |
|        | Moldurera           |                 |                            |           |                             |            |                |           |     |                       |

Anexo 3: Instrumento para la medición de la producción

Fuente: Elaboración propia

|   |                                      |                   |
|---|--------------------------------------|-------------------|
| <b>GESTIÓN<br/>MADERER<br/>A S.A.C.</b> | <b>REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA</b> | <b>ELABORADO:</b> |
|   |                                      | <b>REVISADO:</b>  |
|   |                                      | <b>APROBADO:</b>  |

**ÁREA:** LÍNEA DE PRODUCCIÓN \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

| <b>ITEM</b> | <b>MÁQUINA</b>      | <b>PRODUCCIÓN<br/>ACTUAL<br/>(P2)</b> | <b>HORAS<br/>PRODUCIDAS</b> | <b>FALLA EN MÁQUINA</b> | <b>HORAS NO<br/>PRODUCIDAS</b> |
|-------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1           | Sierra Cinta        |                                       |                             |                         |                                |
| 2           | Cepilladora 2 caras |                                       |                             |                         |                                |
| 3           | Garlopa             |                                       |                             |                         |                                |
| 4           | Multisierra         |                                       |                             |                         |                                |
| 5           | Multilamina         |                                       |                             |                         |                                |
| 6           | Sierra Circular     |                                       |                             |                         |                                |
| 7           | Despuntadora 01     |                                       |                             |                         |                                |
| 8           | Despuntadora 02     |                                       |                             |                         |                                |
| 9           | Despuntadora 03     |                                       |                             |                         |                                |
| 10          | Despuntadora 04     |                                       |                             |                         |                                |
| 11          | Moldurera           |                                       |                             |                         |                                |

*Fuente: Elaboración propia*

Anexo 4: Instrumento de medición de paradas no programadas

| <b>Instrumentos de Recolección de Datos – Gestión Maderera S.A.C.</b> |  |                     |                            |                                |
|---|--|---------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Variable Dependiente:</b>  | COSTOS POR PARADAS NO PROGRAMADAS DE MÁQUINAS  |                     |                            |                                |
| <b>Dimensión:</b>   | Costos de Paradas de Producción                |                     |                            |                                |
| <b>Responsable:</b>   | Arcos Martínez, Pedro / Escobedo Hidalgo, José |                     |                            |                                |
| <b>Ítem</b>   | <b>Máquina</b>                                 | <b>Valor Madera</b> | <b>Horas no producidas</b> | <b>Costo Parada Producción</b> |
| 1   | Sierra Cinta                                   |                     |                            |                                |
| 2   | Cepilladora 2 caras                            |                     |                            |                                |
| 3   | Garlopa  |                     |                            |                                |
| 4   | Multisierra                                    |                     |                            |                                |
| 5   | Multilamina                                    |                     |                            |                                |
| 6   | Sierra Circular                                |                     |                            |                                |
| 7   | Despuntadora 01                                |                     |                            |                                |
| 8   | Despuntadora 02                                |                     |                            |                                |
| 9   | Despuntadora 03                                |                     |                            |                                |
| 10  | Despuntadora 04                                |                     |                            |                                |
| 11  | Moldurera                                      |                     |                            |                                |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Instrumento de medición de costos por reparación

| <b>Instrumentos de Recolección de Datos – Gestión Maderera S.A.C.</b> |  |                                       |                             |                               |
|---|--|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>Variable Dependiente:</b>  | COSTOS POR PARADAS NO PROGRAMADAS DE MÁQUINAS  |                                       |                             |                               |
| <b>Dimensión:</b>   | Costos de Reparación                           |                                       |                             |                               |
| <b>Responsable:</b>   | Arcos Martínez, Pedro / Escobedo Hidalgo, José |                                       |                             |                               |
| <b>Ítem</b>   | <b>Máquina</b>                                 | <b>Valor Mantenimiento Correctivo</b> | <b>Evento De Reparación</b> | <b>Costo Prom. Reparación</b> |
| 1   | Sierra Cinta                                   |                                       |                             |                               |
| 2   | Cepilladora 2 caras                            |                                       |                             |                               |
| 3   | Garlopa  |                                       |                             |                               |
| 4   | Multisierra                                    |                                       |                             |                               |
| 5   | Multilamina                                    |                                       |                             |                               |
| 6   | Sierra Circular                                |                                       |                             |                               |
| 7   | Despuntadora 01                                |                                       |                             |                               |
| 8   | Despuntadora 02                                |                                       |                             |                               |
| 9   | Despuntadora 03                                |                                       |                             |                               |
| 10  | Despuntadora 04                                |                                       |                             |                               |
| 11  | Moldurera                                      |                                       |                             |                               |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Sierra Cinta



Fuente: Empresa GEMASAC

Anexo 7: Cepilladora 2 caras



Fuente: Empresa GEMASAC

*Anexo 8: Despuntadoras*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 9: Capacitor en malas condiciones*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 10: Medición de valores en tablero principal*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 11: Analizador de Redes usado para la medición*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 12: Productos como Plataformas y Tacos para Campamento Minero*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 13: Madera Habilitada*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 14: Estacas de madera habilitada*



*Fuente: Empresa GEMASAC*

*Anexo 15: Madera en almacén de la empresa GEMASAC*



*Fuente: Empresa GEMASAC*