

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

UNIDAD DE TITULACIÓN

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
TOTAL (TPM) EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA SÁN FRANCISCO EN EL PERÍODO 2010-2015.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN GERENCIA EMPRESARIAL**

GONZALO RAMIRO ALTAMIRANO PÉREZ

gonzaltamirano@hotmail.com

Director: Ing. Jaime Luis Herme Cadena Echeverría

jaime.cadena@epn.edu.ec.

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

Como director del trabajo de titulación ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA SAN FRANCISCO EN EL PERIODO 2010 2015, desarrollado por Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez estudiante de la Maestría en Gerencia Empresarial habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, doy por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la Defensa oral.

Ing. Jaime Luis Cadena Echeverría
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Una vez comprobado que se han realizado las correcciones, modificaciones y más sugerencias realizadas por los miembros del Tribunal Examinador al documento escrito del trabajo de titulación presentado por Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez.

Se emite la presente aprobación, con fecha Julio 6 del 2017

Para constancia firman los miembros del Tribunal Examinador:

NOMBRE	FUNCIÓN	FIRMA
Jaime Cadenas Echeverría	Director	
Sara Latorre	Examinador	
Gabriela Araujo	Examinador	

DEDICATORIA

A mi madre, Ligia Priscela Pérez Caicedo, quien fue mi primera maestra, que con inmenso amor y con sabiduría formo mi personalidad, que modelo mi alma, mi espíritu, mi corazón, me oriento en la práctica de valores y guio mi vida y, que desde la eternidad sigue cuidando mis pasos, disfruta mis logros y me fortalece en momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y la oportunidad de seguir cosechando éxitos, a la Politécnica Nacional y la Corporación Eléctrica de Ecuador CELEC EP Unidad de Negocio Hidroagoyán por el apoyo para la realización de esta investigación.

Al Ingeniero Jaime Cadena por su asesoría y profesionalismo.

A todos muchas gracias.

Gonzalo

INDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABLAS.....	iv
LISTA DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema de investigación.....	2
1.1.1. Metodología del análisis del problema.....	3
1.1.2. Aplicación de la metodología del análisis del problema	3
1.1.2.1 Lista preliminar de elementos.....	3
1.1.2.2 Elementos no pertinentes	6
1.1.2.3 Elementos de probable pertinencia.....	7
1.1.2.4 Enunciado del problema	8
1.1.5. Formulación de la pregunta de investigación.....	10
1.2 Objetivos de la investigación	11
1.2.1. Objetivo General.....	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3 Hipótesis de la investigación.....	12
1.3.1 Matriz de Consistencia	12
1.4 Alcance y metodología de la investigación.....	12
1.4.1. Metodología del procesamiento estadístico de la información	13
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Mantenimiento Productivo Total. (TPM).....	19
2.1.1. El TPM y la productividad	20
2.1.2. El TPM y la gestión de la producción.....	21
2.1.3. Pilares del TPM	23
2.1.3.1. Rigor en la aplicación de las 5 eses (Principio de Administración Japonesa).....	24
2.1.3.2. Aplicación del auto mantenimientos.....	25
2.1.3.3. Aplicación del mantenimiento programado (incluye el predictivo)	26
2.1.3.4. Desarrollo del mantenimiento de la calidad de equipos / procesos /	27

2.1.3.5.	Extender los grupos de fiabilización y mejora de estándares.	27
2.1.3.6.	Asegurar el mantenimiento previsional total en nuevos proyectos.	27
2.1.3.7.	Mejorar la formación por una buena gestión de competencias sobre los puestos de trabajo.	28
2.1.4.	Etapas del TPM	28
2.1.4.1.	Decisión de la alta dirección de aplicar el TPM como proyecto de Empresa.	29
2.1.4.2.	Campaña de información-formación técnica	29
2.1.4.3.	Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM	29
2.1.4.4.	Diagnóstico de la situación de partida, indicadores de progreso técnicos y la organización.	30
2.1.4.5.	Redacción de un plan tipo, líneas de acción/ objetivos.	30
2.1.4.6.	Lanzamiento	30
2.1.4.7.	Implantación de la mejora continua en los sistemas- procesos.....	30
2.1.4.8.	Desarrollo del auto mantenimiento.	31
2.1.4.9.	Desarrollo del mantenimiento programado.	31
2.1.4.10.	Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global.....	31
2.1.4.11.	Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.....	31
2.1.4.12.	Certificar la aplicación del TPM.....	32
2.1.5.	Índices del Mantenimiento Productivo Total.....	32
2.1.5.1.	Eficiencia global del proceso (variable dependiente)	32
2.1.5.2.	Índice de disponibilidad.....	33
2.1.5.3.	Índice de rendimiento	33
2.1.5.4.	Índice de calidad.....	34
2.1.6.	Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en torno a la eficiencia global del proceso o rendimiento operacional (variable independiente).	35
2.1.6.1.	Rendimiento de la mano de obra	36
2.1.6.2.	La tasa de productividad del proceso.....	37
2.1.6.3.	Tasa de no calidad (Retoques, recuperaciones bajas en el proceso, etc.).....	37
2.1.6.4.	Tiempo de ciclo	38
2.1.6.5.	Indisponibilidad	38
2.1.6.5.1.	Indisponibilidad por averías	38
2.1.6.5.2.	Indisponibilidad por preparación y ajuste	39
2.1.6.5.3.	Indisponibilidad por tiempos muertos y paradas pequeñas.....	40

2.1.6.6.	Efectivos / 100 (recursos usados por cada 100 productos adecuadamente elaborados).....	40
2.1.6.7.	Tiempo gamas (asignados en cada proceso)	41
2.1.7.	Diagnóstico del estado técnico y organizacional de los lugares de trabajo. ...	42
2.1.7.1.	El estado técnico de los lugares.	43
2.1.7.2.	El estado organizacional de los lugares.	43
2.2.	Centrales de generación hidroeléctrica y la gestión operativa	44
2.2.1.	Tipos de centrales hidroeléctricas.....	44
2.2.1.1.	El tipo de Embalse.....	44
2.2.1.2.	La altura neta del salto	45
2.2.1.3.	La potencia en el eje de la turbina instalada.	46
2.2.1.4.	Según el sistema de explotación	46
2.2.1.5.	La demanda que satisfacen.....	46
2.2.2.	Procesos que involucran la generación hidroeléctrica	46
2.2.3.	Componentes hidroeléctricos	47
2.2.4.	Gestión operativa de una central y el TPM	48
2.2.5.	Índices operativos manejados por las centrales hidroeléctricas.	49
2.2.5.1.	Índice de disponibilidad (%).....	49
2.2.5.2.	Factor de Planta. (%).....	49
2.2.5.3.	Índice de confiabilidad (%).....	50
2.2.5.4.	Indicador de tiempo promedio para reparar (TPPR)	51
2.2.5.5.	Factor de indisponibilidad por falla.....	51
2.2.5.6.	Factor de utilización (%)	51
3.	CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN FRANCISCO EN EL PERÍODO DE ESTUDIO.	53
3.1.	Central hidroeléctrica san francisco	53
3.1.1.	Antecedentes.....	53
3.1.2.	Ubicación.....	53
3.1.3.	Características técnicas.....	54
3.1.4.	Estructura Organizacional.....	56
3.1.5.	Proceso de generación.	57
3.1.6.	Componentes de la Central	59
3.2.	Recolección de los índices de gestión operativa según el TPM (estado técnico de los lugares).	59

3.2.1.	Eficiencia global del proceso o rendimiento operacional (variable dependiente)	60
3.2.1.1.	Índice de disponibilidad.....	60
3.2.1.2.	Índice de eficacia (Factor de planta).....	62
3.2.1.3.	Índice de calidad (Confiabilidad de la central San Francisco)	63
3.2.1.4.	Índice de eficiencia global del proceso.....	64
3.2.2.	Parámetros objetivos del mantenimiento Productivo Total (variables independientes).	65
3.2.2.1.	Rendimiento de la mano de obra	66
3.2.2.2.	Productividad del proceso.....	67
3.2.2.3.	Tasa de no calidad	68
3.2.2.4.	Tiempo de ciclo	68
3.2.2.5.	Indisponibilidad.....	69
3.2.2.6.	Efectivos/100 (recursos usados por cada 100 productos adecuadamente elaborados).....	70
3.2.2.7.	Tiempos gamas asignados al proceso.....	70
3.3.	Diagnóstico del estado organizacional de los lugares de trabajo.	71
4.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	74
4.1	Cálculo de la correlación de la eficiencia global del proceso vs la producción de energía.	74
4.1.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r).	74
4.1.2.	Calculo del coeficiente de determinación (r^2).....	75
4.1.3.	Prueba t para el coeficiente de correlación.	75
4.1.4.	Análisis de Regresión	77
4.1.4.1.	Error Estándar de la Estimación ($S_{x.y}$).....	77
4.1.4.2.	Pronóstico de la producción para eficiencia global del proceso de 80%	77
4.2.	Cálculo de la correlación de los indicadores del TPM variable independiente) vs la eficiencia global del proceso (variable dependiente).....	80
4.2.1.	Cálculo de la correlación del rendimiento de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso.....	81
4.2.1.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r)	81
4.2.1.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	82
4.2.1.3.	Prueba t para el coeficiente de Correlación.	82
4.2.2.	Correlación de la productividad de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso.....	83
4.2.2.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r).....	84

4.2.2.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	84
4.2.2.3.	Prueba (t) para el coeficiente de Correlación	85
4.2.3.	Cálculo de la correlación de la tasa de no calidad Vs eficiencia global del proceso.....	85
4.2.3.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r).	86
4.2.3.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	86
4.2.3.3.	Prueba (t) para el coeficiente de correlación.....	86
4.2.4.	Cálculo de la correlación del tiempo de ciclo Vs eficiencia global del proceso ..	87
4.2.4.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r).	88
4.2.4.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	88
4.2.4.3.	Prueba t para el coeficiente de Correlación.	89
4.2.5.	Cálculo de la correlación de la indisponibilidad Vs eficiencia global del proceso.....	89
4.2.5.1.	Cálculo del coeficiente de Correlación (r).	90
4.2.5.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	90
4.2.5.3.	Prueba t para el coeficiente de correlación.	91
4.2.6.	Correlación del factor de utilización Vs eficiencia global del proceso	91
4.2.6.1.	Cálculo del coeficiente de correlación (r).	92
4.2.6.2.	Cálculo del coeficiente de determinación (r^2).....	92
4.2.6.3.	Prueba t para el coeficiente de Correlación.	93
4.2.7.	Cálculo de la correlación de las gamas asignadas al proceso Vs eficiencia global del proceso.....	94
4.2.7.1.	Cálculo del coeficiente de Correlación (r).	94
4.3.	Resultados obtenidos	95
4.4.	Estado organizacional de los lugares.....	97
4.4.1.	Resultado de las encuestas	97
4.4.1.1.	Disfuncionamientos percibidos en las Máquinas.....	97
4.4.1.2.	Disfuncionamientos de los equipos y sistemas de control. (Medios internos)	98
4.4.1.3.	Disfuncionamientos encontrados en la organización y la producción (Mano de Obra)	98
4.4.1.4.	Disfuncionamientos en el mantenimiento preventivo y auto mantenimiento. (TPM)	98
4.4.1.5.	Disfuncionamientos en las 5S del Mantenimiento (TPM)	99
4.4.1.6.	Disfuncionamientos en los servicios de apoyo del mantenimiento y operación.	99

4.4.1.7.	Discusión sobre los resultados de las encuestas.....	100
4.4.2.	Resultados de las entrevistas	100
4.4.2.1.	Discusión de los resultados de las entrevistas.....	101
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1.	CONCLUSIONES.....	102
5.2.	RECOMENDACIONES.....	104
	Referencias Bibliográficas	106
	ANEXOS	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Secuencia para investigación científica.....	3
Figura 2. Lista preliminar de elementos relacionados con el problema de investigación problema.....	6
Figura 3. Lista de elementos no pertinentes relacionados con el problema de Investigación.....	6
Figura 4. Lista de elementos de probable pertinencia relacionados con el problema de investigación.....	8
Figura 5. Correlación existente según el valor de r obtenido.....	14
Figura 6. Regla de decisión para la prueba de hipótesis según el nivel de significancia establecido.....	15
Figura 7. El TPM en un proyecto de empresa en calidad total.....	19
Figura 8. Pilares básicos del TPM.....	23
Figura 9. Las 5 s del Mantenimiento Productivo Total.....	25
Figura 10. Desperdicios durante el proceso de producción.....	33
Figura 11. Las seis grandes pérdidas y la efectividad del proceso.....	35
Figura 12. Indicadores de resultados y procesos.....	43
Figura 13. Proceso de generación hidroeléctrica.....	46
Figura 14. Esquema básico de proceso de generación hidroeléctrica.....	47
Figura 15. Cadena de valor de la central San Francisco.....	48
Figura 16. Corte seccional del túnel de conducción la central San Francisco.....	54
Figura 17. Características de los sistemas de la central San Francisco.....	55
Figura 18. Estructura organizacional de la unidad de negocio Hydroagoyán.....	56
Figura 19 Proceso de generación de la central hidroeléctrica San Francisco esquematizado.....	58
Figura 20. Mapa de procesos de la Corporación Eléctrica del Ecuador.....	58
Figura 21. Enfoque metodológico, técnico de investigación y variable para determinar el estado técnico de los lugares.....	60
Figura 22. Disponibilidad de la central San Francisco período 2010- 2015.....	62
Figura 23. Factor de planta de la central San Francisco en el período 2010-2015.....	63
Figura 24. Confiabilidad de la central San Francisco en el período 2010-2015....	64

Figura 25. Eficiencia global del proceso de la central San Francisco en el período 2010-2015	64
Figura 26. Rendimiento de la mano de obra de mantenimiento de la central San Francisco en el periodo 2010-2015	66
Figura 27. Productividad de la mano de obra de mantenimiento central San Francisco en el período 2010-2015	67
Figura 28. Mantenimientos correctivos realizados en la central San Francisco en el período 2010-2015	68
Figura 29. Tiempo promedio para reparar en la central San Francisco en el Período 2010-2015.....	69
Figura 30. Indisponibilidades de las unidades de generación en la central San Francisco en el período 2010-2015	69
Figura 31. Factor de utilización de las unidades de generación en la central San Francisco en el período 2010-2015	70
Figura 32. Gamas asignadas al proceso de mantenimiento en la central San Francisco en el periodo 2010-2015	71
Figura 33. Personal de producción encuestado	72
Figura 34. Personal encuestado de las áreas de apoyo	72
Figura 35. Curva de correlación entre eficiencia global del proceso y la producción de energía	75
Figura 36. Regla de decisión para la prueba de hipótesis según el nivel de significancia 0.05 y $gl=4$	75
Figura 37. Rango de pronóstico para la producción de energía en función de la eficiencia global del proceso.....	76
Figura 38. Curva de correlación entre el rendimiento de la mano de obra y la eficiencia global del proceso.....	78
Figura 39. Curva de correlación entre la productividad de la mano de obra y la eficiencia global del proceso.....	84
Figura 40. Curva de correlación entre no calidad y la eficiencia global del proceso	86
Figura 41. Curva de correlación entre tiempo de ciclo y la eficiencia global del proceso.....	88
Figura 42. Curva de correlación entre indisponibilidad y la eficiencia global del	

proceso.....	90
Figura 43. Curva de correlación entre factor de utilización y la eficiencia global del proceso.....	92
Figura 44. Curva de correlación entre gamas de mantenimiento y la eficiencia global del proceso	94
Figura 45. Resumen de las correlaciones de las variables del TPM y la eficiencia global del proceso en la central San Francisco en el periodo 2010-2015	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Resumen de las variables independientes central San Francisco en el período 2010-2015	65
Tabla 2.	Resumen de indicadores necesarios para realizar el análisis de correlación	74
Tabla 3.	Ecuación superior del rango del pronóstico	79
Tabla 4.	Ecuación inferior de rango del pronóstico	79
Tabla 5.	Perdida de energía producida por un valor de eficiencia global del proceso más bajo que el recomendado	80
Tabla 6.	Resumen de la diferencia entre la eficiencia global del proceso recomendada por el TPM y la de la central San Francisco en el período 2010-2015	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo I.	Análisis esquemático de un problema.....	111
Anexo II.	Matriz de Consistencia.....	112
Anexo III.	Etapas del TPM.....	113
Anexo IV.	Código de sistema e instalación de la central San Francisco.....	114
Anexo V.	Análisis de Criticidad Central San Francisco.....	117
Anexo VI.	Modelo de encuesta para establecer el estado organizacional de los lugares de trabajo (personal de producción).....	125
Anexo VII.	Modelo de encuesta para establecer el estado organizacional de los lugares de trabajo (adquisiciones e inventarios).....	128
Anexo VIII.	Entrevista a autoridades de la Unidad de Negocio Hidroagoyán.....	129
Anexo IX.	Análisis del resultado de las encuestas para determinar el estado organizacional de los lugares de trabajo.....	131
Anexo X.	Personal para las encuestas en la Central San Francisco.....	137
Anexo XI.	Instrucción sobre planificación y gestión de la producción.....	138
Anexo XII.	Distribución t de Student.....	151

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito principal realizar el análisis del impacto que produce el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la gestión operativa de la central hidroeléctrica San Francisco en el período comprendido desde el año 2010 hasta el año 2015, actualmente no se cuenta con un estudio de análisis en este sentido a pesar de que algunas prácticas del TPM ya están siendo aplicadas intuitivamente sin una visión clara del impacto y la metodología de implementación.

Se presenta un marco teórico referencial el cual da una clara explicación de términos, conceptos, pasos, índices y principales objetivos sobre el tema. Se realiza una recopilación de datos de los índices e indicadores cuantitativos extraídos de los informes anuales de mantenimiento y operación de la central, de la misma manera a través de encuestas y entrevistas realizadas a los trabajadores y las autoridades de la central se realiza el análisis del estado organizacional de la central, (datos cualitativos).

Estos resultados fueron presentados en forma gráfica y analítica.

La parte final de la investigación muestra las conclusiones sobre la correlación que existe entre los indicadores manejados por el Mantenimiento Productivo Total, la eficiencia global del proceso y la producción de energía.

Con esta información se realizó un pronóstico de la variación de la producción de energía hidroeléctrica al lograr el valor de eficiencia global del proceso recomendada por el TPM.

Finalmente se establecen conclusiones y se dan recomendaciones importantes basadas en la teoría y los resultados obtenidos.

Se espera que este trabajo sirva como fuente de información confiable para los distintos entes relacionados con la generación hidroeléctrica del país, de tal manera que puedan tener una perspectiva más clara del uso y adaptación de este modelo y su decisión de adaptación a su realidad en forma eficiente para obtener buenos resultados.

Palabras Clave: Mantenimiento Productivo Total, Eficiencia Global del Proceso, Disponibilidad, Calidad, Producción.

ABSTRACT

This research project has the main goal of analyzing the impact on the operational management by applying Total Productive Maintenance (TPM) methodology in the San Francisco Hydropower Plant in the period from 2010 to 2015. Currently, there is no a study this field even though some best practices of the TPM are already being applied intuitively without a clear vision of the impact and the methodology of implementation.

This research project presents a theoretical framework which is a clear explanation of terms, concepts, steps, indexes and main objectives of the research topic. A data compilation of quantitative indicators were extracted from the annual maintenance and operation reports of the Plant. Surveys and interviews were also performed to a sample of workers and authorities of the Plant and the analysis of the organizational state of the company was carried out (qualitative data), these results were presented graphically and analytically.

At the end this document shows the conclusions about the correlation between the good practices of Total Productive Maintenance, the overall efficiency of the process and the annual energy production.

In the same way, a forecast of the variation of energy production was made by adopting the TPM as a model for the operation management at San Francisco Hydropower Plant.

Finally, important recommendations are made based on the theory and results obtained from the research.

This research will serve as a source of reliable information for the different entities related to hydroelectric generation in Ecuador, so that they can have a clearer perspective on the use and adoption of this model to its reality in an efficient way to obtain good results.

1. INTRODUCCIÓN

La Central Hidroeléctrica San Francisco es una de las centrales más modernas del País, genera 212 MW, para el sistema nacional interconectado, aportando el 8% de la generación eléctrica del Ecuador.

La central posee equipos electromecánicos muy modernos y diseñados para trabajar con agua casi limpia, es por ello que en la actualidad su funcionamiento se vea afectado por el incremento de sedimentos en el río Pastaza producto del proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

Lo anterior ocasiona que los equipos de generación de esta central requieran constantes paradas por mantenimiento y paradas no programadas por daños en los componentes de las turbinas, esta indisponibilidad genera grandes pérdidas económicas al país, y baja los índices operativos de la unidad de negocio Hidroagoyán.

Se han verificado que las horas de indisponibilidad de esta central son superiores a las horas de indisponibilidad de la central Agoyán a pesar de que ambas centrales funcionan en cascada una a continuación de la otra, utilizan la misma agua y su operación es simultánea.

Actualmente todas las centrales del país manejan índices operativos homologados en cada una de sus unidades de generación, sin embargo estos índices deben ser analizados siguiendo una metodología que oriente y canalice adecuadamente las acciones a tomar en base a las realidades de cada central y esto no ocurre.

La central San Francisco cuenta con un programa de mantenimiento basado en el tiempo; es decir según las horas de operación de sus turbinas, este programa de mantenimiento fue elaborado según las recomendaciones entregadas por el fabricante de la central.

Se han realizado múltiples trabajos de reparación, modificaciones de ingeniería en base a las necesidades y experiencias adquiridas y se empezó a aplicar buenas prácticas de mantenimiento basadas en el Mantenimiento Productivo Total en forma intuitiva sin un análisis adecuado ni un programa de implementación técnicamente establecido.

El modelo TPM propicia la mejora basada en actividades eficientes sobre el rendimiento de la mano de obra, la tasa de productividad, la tasa de no calidad, el tiempo de ciclo del proceso, las indisponibilidades por averías, los recursos utilizados para la producción y los tiempos y gamas asignados a cada proceso, y evalúa esta mejora a través de los índices de disponibilidad, eficacia y calidad, es decir la eficiencia global del proceso.

Con lo mencionado anteriormente se cree importante verificar si el Mantenimiento Productivo Total es una herramienta que impacta positivamente en la gestión operativa de una central hidroeléctrica, a través del análisis de la relación entre los indicadores recomendados por el TPM y la eficiencia global del proceso de generación de energía de la Central Hidroeléctrica San Francisco.

1.1 Planteamiento del problema de investigación.

El plantear el problema, encierra describir y explicar, delimitar, la justificación, la formulación e inclusive los objetivos (VanDalen & Meyer, 1981).

En ese contexto es bueno tener claro la definición que encierran los términos del planteamiento del problema, La real academia de la lengua (2017) refiere que:

- Describir es explicar cómo es una cosa, una persona o un lugar para ofrecer una imagen o una idea completa de ellos.
- Analizar es separar las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios, elementos etc.
- Formular o enunciar significa expresar o manifestar algo de forma clara y precisa

El punto de partida de la investigación parte de la existencia de un problema que habrá de definirse y analizar críticamente para poder luego intentar su solución (VERA, 1968).

El problema surge cuando el investigador encuentra una laguna teórica, dentro, de un conjunto de datos conocidos, o un hecho no abarcado por una teoría, un tropiezo o un acontecimiento que no encaja dentro de las expectativas en su campo de estudio (Galicia, 2001).

Bernal (2010), refiere que un problema no es algo disfuncional molesto o negativo, sino todo aquello que incite a ser conocido, pero teniendo en cuenta que su solución sea útil, es decir buscando una respuesta que resuelva algo práctico o teórico.

Los problemas pueden identificarse de varias formas, siendo las más comunes la intuición y la deducción:

- La intuición hace ver la posible conexión o relación entre aspectos aparentemente no relacionados.
- La deducción en cambio se da cuando la dificultad teórica o práctica, ha sido abordada una o varias veces desde uno o varios puntos de vista en otras investigaciones.

Completando lo dicho Van Dalen (1981) sugiere que, la investigación pura no existe o no sirve para nada ya que siempre se hará una relación entre la dificultad observada y el problema que surge de esa dificultad.

La búsqueda de la solución al problema lleva a la investigación de las posibles soluciones.

En la Figura 1, se esquematiza como la investigación es el producto de la búsqueda de una solución a un problema causado por una dificultad, en una relación causa efecto.

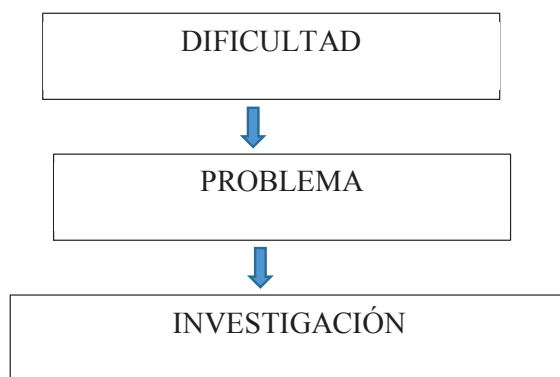


Figura 1. Secuencia para investigación científica.
(Fuente: Manual de técnica de la investigación educacional, Van Dalen 1981)

1.1.1. Metodología del análisis del problema.

Para el planteamiento del problema se ha tomado en cuenta la metodología propuesta por Van Dalen (1981), y que se presenta en el Anexo I.

1.1.2. Aplicación de la metodología del análisis del problema

1.1.2.1 Lista preliminar de elementos.

La lista de elementos preliminares relacionados con el problema de investigación, se detallan en la Figura 2.

LISTA PRELIMINAR DE ELEMENTOS	
Hechos	Explicaciones
Índice de disponibilidad de la central San Francisco más baja comparado con la central Agoyán de similares condiciones, datos identificados en los informes anuales de operación y mantenimiento de ambas centrales.	Existen muchas indisponibilidades debidas a falla internas tanto en actividades de mantenimiento como de operación de las unidades de generación.
Índice de confiabilidad de la central San Francisco más bajo comparado con la central Agoyán.	Las unidades de generación están fuera de servicio o tardan en regresar a sus condiciones operativas por demoras en los tiempos de mantenimiento.
Factor de planta de la central San Francisco más bajo comparado con la central Agoyán.	La energía producida real es inferior a la energía programada en un periodo de tiempo determinado.
Constantes paradas no programadas, que originan problemas en el sistema nacional interconectado y la generación de energía.	Las paradas no programadas se producen por fallas o disfuncionamientos en componentes de sistemas críticos.
Constantes daños en los componentes de los principales sistemas de las Unidades de generación.	Los sistemas y sus componentes fueron diseñados para operar con agua casi limpia.
Los tiempos de reparación y puesta en operación de las unidades de generación son elevados.	No existen procedimientos detallados de operación y mantenimiento y que los mismos sean optimizados cada determinado tiempo.
Los lavados del embalse producen la parada de las unidades de generación.	El incremento de sedimentos en el río Pastaza hace que en la presa se deposite una gran cantidad de sedimentos, sin que exista un sistema de dragado o limpieza que evite el vaciado de la presa para limpieza por ende la parada de las unidades de generación.
Alta concentración de sedimentos en el	Las constantes emanaciones de ceniza

<p>agua del río Pastaza por el incremento de la actividad del volcán Tungurahua.</p>	<p>del volcán Tungurahua se depositan en las laderas del volcán, estas son limpiadas con las lluvias y depositadas en el río, que luego viajan a la central ocasionando inconvenientes como erosión de las máquinas y constantes lavados del embalse.</p>
<p>Sistemas de control con señales falsas producen las paradas de las unidades de generación.</p>	<p>Los sistemas de control de las unidades de generación son electrónicos de una alta sensibilidad y mantenimiento por lo que la calidad de agua y del ambiente de la casa de máquinas de la Central San Francisco los afectan enormemente.</p>
<p>Repetidas paradas de las unidades por las mismas causas de fallo en los sistemas y componentes de las Unidades de generación</p>	<p>No existe un análisis de falla de cualquier disfuncionamiento en las unidades de generación y las órdenes de trabajo de cada intervención no registran información que permita evitar daños similares a futuro.</p>
<p>Retrasos en la adquisición de repuestos e insumos.</p>	<p>Los repuestos e insumos tardan mucho tiempo en ser adquiridos ya que el proceso de contratación es demasiado burocrático.</p>
<p>Inexistencia de un análisis de criticidad para evaluar aquellos sistemas y componentes críticos y la periodicidad de mantenimiento.</p>	<p>No existe una identificación de cuáles son los sistemas y equipos críticos que podrían hacer que las unidades de generación paralicen completamente la planta.</p>

Personal con muchos años de experiencia en el mismo puesto de trabajo lo que ocasiona cansancio mental y dificultad de la toma de decisiones ante problemas	No existen incentivos ni tampoco un plan de rotación de los puestos para evitar el estrés laboral.
---	--

Figura 2. Lista preliminar de elementos relacionados con el problema de investigación.

(Fuente: Informes de mantenimiento y operación de la central San Francisco.)

1.1.2.2 Elementos no pertinentes

Después de evaluar la lista preliminar de elementos se procede a establecer los elementos no pertinentes que se presentan en la Figura 3.

ELEMENTOS NO PERTINENTES	
Hechos	Explicaciones
Los lavados del embalse producen la parada de las unidades de generación.	El incremento de sedimentos en río Pastaza hace que la presa eleve la cantidad de sedimentos más rápidamente, sin que exista un sistema de dragado o limpieza sin la necesidad de vaciado de las unidades de generación.
Alta concentración de sedimentos en el agua del río Pastaza por el incremento de la actividad del volcán Tungurahua.	Las constantes emanaciones de ceniza del volcán Tungurahua se depositan en las laderas del volcán, estas son limpiadas con las lluvias y depositadas en el río, que luego viajan a la central ocasionando inconvenientes como erosión de las máquinas y constantes lavados del embalse.

Figura 3. Lista de elementos no pertinentes relacionados con el problema de investigación.

(Fuente: Informes de mantenimiento y operación de la central San Francisco.)

1.1.2.3 Elementos de probable pertinencia

De la Figura 3 se procede a seleccionar los elementos de probable pertinencia que se presenta en la Figura 4.

ELEMENTOS DE PROBABLE PERTINENCIA	
Hechos	Explicaciones
Índice de disponibilidad de la central San Francisco más bajo comparado con la central Agoyán de similares condiciones.	Existen muchas indisponibilidades debidas a falla internas tanto en actividades de mantenimiento como de operación de las unidades de generación.
Índice de confiabilidad de la central San Francisco más bajo comparado con la central Agoyán.	Las unidades de generación están fuera de servicio o tardan en regresar a sus condiciones operativas por demoras en los tiempos de mantenimiento.
Factor de planta de la central San Francisco más bajo comparado con la central Agoyán.	La energía producida real es inferior a la energía programada en un periodo de tiempo determinado.
Constantes paradas no programadas, que originan problemas en el sistema nacional interconectado y la generación de energía.	Las paradas no programadas se producen por fallas o disfuncionamientos en componentes de sistemas críticos.
Constantes daños en los componentes de los principales sistemas de las unidades de generación.	Los sistemas y sus componentes fueron diseñados para operar con agua casi limpia.
Los tiempos de reparación y puesta en operación de las unidades de generación son elevados.	No existen procedimientos detallados de operación y mantenimiento y que los mismos sean optimizados cada determinado tiempo.
Sistemas de control con señales falsas producen las paradas de las unidades de generación.	Los sistemas de control de las unidades de generación son electrónicos de una alta sensibilidad y mantenimiento por lo que la calidad de agua y del ambiente de la casa de máquinas de la Central San Francisco los afectan enormemente.

Repetidas paradas de las unidades por las mismas causas de fallo en los sistemas y componentes de las Unidades de generación	No existe un análisis de falla de cualquier disfuncionamiento en las unidades de generación y las órdenes de trabajo de cada intervención no registran información que permita evitar daños similares a futuro.
Retrasos en la adquisición de repuestos e insumos	Los repuestos e insumos tardan mucho tiempo en ser adquiridos ya que el proceso de contratación es demasiado burocrático.
Inexistencia de un análisis de criticidad para evaluar aquellos sistemas y componentes críticos y la periodicidad de mantenimiento	No existe una identificación de cuáles son los sistemas y equipos críticos que podrían hacer que las unidades de generación paralicen completamente la planta.
Personal con muchos años de experiencia en el mismo puesto de trabajo lo que ocasiona cansancio mental y dificultad de la toma de decisiones ante problemas	No existe incentivos ni tampoco un plan de rotación de los puestos para evitar el estrés laboral.

Figura 4. Lista de elementos de probable pertinencia relacionados con el problema de investigación.

(Fuente: Informes de mantenimiento y operación de la central San Francisco.)

1.1.2.4 Enunciado del problema

El cambio de la matriz energética supone la utilización de energía hidráulica como energía limpia y más barata para solventar la demanda de energía eléctrica en el país. Se prevé que para el año 2020 el 94% de la energía eléctrica provenga de fuentes hídricas con bajo impacto ambiental, esta proyección hace que los índices de producción de todas las hidroeléctricas tengan un alto grado de criticidad, es decir que cada una de las centrales de generación hidroeléctrica del país deben garantizar una producción eficiente de acuerdo a su potencia instalada.

La central hidroeléctrica San Francisco la cual forma parte de la Unidad de Negocio Hidroagoyán ha presentado desde sus inicios, problemas en la producción debido a factores técnicos de diseño y a la calidad de agua turbinada proveniente del río Pastaza, influenciada por el proceso eruptivo del Volcán Tungurahua.

Esto hace que esta central debe ir adaptando los diseños originales a la realidad de su funcionamiento por lo que es necesario que sus políticas de gestión de las operaciones deban utilizar modelos de clase mundial en busca de la calidad total y la eficiencia global de todo el proceso operativo y así evitar cualquier parada inesperada.

En este contexto en esta central se han ido adoptando ciertas prácticas de mantenimiento recomendadas por el TPM ya que según Sacristán (2001) la aplicación de estas prácticas elevaría los índices de disponibilidad, eficacia y calidad en el proceso de generación, y a través de los mismos la Eficiencia Global del proceso y el volumen de producción.

Para cumplir su objetivo el TPM considera como ejes de mejora el rendimiento y la tasa de productividad de la mano de obra, la tasa de no calidad, el tiempo de ciclo del proceso, las indisponibilidades, mejora de los efectivos y mejora de la gamas asignadas al proceso productivo.

Si bien es cierto desde la aplicación de las buenas prácticas del Mantenimiento Productivo Total, la producción en la central ha mejorado, sin embargo, los niveles de operativos siguen siendo menores a los esperados, comparándolos con los de la central Agoyán que utiliza la misma agua.

Esto se debe a que las actividades recomendadas por el TPM fueron implantadas de manera informal, sin un análisis adecuado, más bien basado en la experiencia de sus colaboradores y los años de operación de la central.

Si esta implementación no es adecuadamente realizada, si no se establecen los equipos críticos sobre los cuales hay que actuar, con planes de mantenimiento adecuados y apegados a su realidad operacional, así como a su condición y función, si no se establecen planes de calidad en los procesos y no existe una reducción adecuada de indisponibilidades y paradas no deseadas, la aplicación de este modelo de gestión no cumplirá los objetivos deseados.

Por tal motivo el presente trabajo pretende analizar el impacto que produce la aplicación de las prácticas del Mantenimiento Productivo Total a través del análisis de los indicadores que representan los 6 ejes de mejora recomendado por el TPM y mencionado anteriormente y su relación uno a uno con el rendimiento operacional o eficiencia global del proceso de producción, basando el estudio en la identificación del impacto positivo o negativo, fuerte o débil de las variables que, para el mantenimiento

Productivo Total son las que impactan directamente en Eficiencia Global del Proceso y la producción de energía hidroeléctrica.

Finalmente en base a los resultados sacar conclusiones y recomendaciones para establecer lineamientos de una adecuada aplicación del Mantenimiento Productivo Total en todos los procesos productivos de la central.

1.1.5. Formulación de la pregunta de investigación.

Las preguntas que surgen en base al enunciado del problema son las siguientes:

- ¿Existe alguna relación entre la eficiencia global del proceso y la producción de energía eléctrica en la central San Francisco en el periodo 2010-2015?
- ¿Se ha realizado un análisis de la gestión operativa de la central San Francisco bajo el enfoque del Mantenimiento Productivo Total en el periodo 2010-2015?
- ¿Existen gráficos estadísticos descriptivos del comportamiento de los índices de gestión operativa de la central San Francisco en el periodo 2010-2015?
- ¿Existe un diagnóstico de los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total y la eficiencia global del proceso en la central San Francisco?
- ¿Existen gráficos estadísticos de los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total en el periodo 2010-2015?
- ¿Se ha determinado la relación de los indicadores recomendados por el Mantenimiento productivo Total y la eficiencia global del proceso?
- ¿Se han identificado las más influyentes prácticas de Mantenimiento Productivo Total en la gestión operativa de la Central San Francisco?
- ¿Se han propuesto planes de acción basadas en la aplicación de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total?

La pregunta de la Investigación que sintetiza las preguntas anteriores queda de la siguiente manera:

¿Es el Mantenimiento Productivo Total un modelo de gestión operativa adecuado para mejorar la producción de energía de la central hidroeléctrica San Francisco, y cuáles son las variables en las cuales hay que intervenir para ser más eficientes globalmente, basados en sus buenas prácticas de mantenimiento?

1.2 Objetivos de la Investigación

A raíz de lo anterior los objetivos fijados son los siguientes:

1.2.1. Objetivo General

Analizar la relación de los indicadores (variables) recomendados por el Mantenimiento Productivo Total con la eficiencia global del proceso de mantenimiento en la gestión operativa de la central hidroeléctrica San Francisco en el periodo 2010-2015, para identificar aquellas que impactan positivamente y establecer planes de mejora basados en el TPM.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Verificar la relación entre la eficiencia global del proceso y la producción de energía eléctrica en la central San Francisco en el periodo 2010-2015.
- Identificar los índices de gestión operativa de la central San Francisco que se relacionan con los indicadores del Mantenimiento productivo Total (TPM).
- Realizar un diagnóstico de los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total para la mejora de la eficiencia global del proceso de la central hidroeléctrica San Francisco.
- Analizar los indicadores de disponibilidad, eficacia y calidad de la central San Francisco y su impacto en la eficiencia global del proceso de generación.
- Identificar las más influyentes prácticas de Mantenimiento Productivo Total en la gestión operativa de la central San Francisco.
- Proponer planes de acción basadas en la aplicación de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total.

1.3 Hipótesis de la investigación.

Según Gonzales (2016), para un adecuado planteamiento de las hipótesis de una investigación sean estas generales o específicas, es necesario la construcción de la matriz de consistencia del trabajo de investigación.

1.3.1 Matriz de Consistencia

Según este mismo autor la matriz de consistencia lleva los siguientes ítems:

- Título de la Investigación, conformado por la causa y el efecto, considerados variable independiente y variable dependiente respectivamente.
- Los problemas generales y específicos los cuales deben ser planteados en interrogante o preguntas de investigación.
- El objetivo general y específico que es la respuesta a las preguntas de investigación.
- La hipótesis general que es la afirmación o negación de los objetivos.
- Las hipótesis específicas que son la afirmación positiva o negativa de los objetivos específicos, cabe anotar que los objetivos que se relacionan con la recopilación de información no tienen hipótesis.

En base a lo anterior se elabora la matriz de consistencia del tema de estudio, que se muestra en el Anexo II.

1.4 Alcance y metodología de la investigación

Para este trabajo se aplicó la investigación mixta mediante la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos a través del análisis de datos históricos de informes de gestión operativa de la central hidroeléctrica San Francisco.

La unidad de análisis basada en los objetivos es de alcance correlacional y explicativo, el estudio tiene como propósito medir el grado de relación que existe entre dos variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación, tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.

La temporalidad de la investigación fue del tipo longitudinal, estudiando el fenómeno a través de un lapso de tiempo establecido, en este caso del período fue del 2010 hasta el 2015.

Como unidad de observación se usó una muestra analítica, en este caso particular el caso de estudio la central San Francisco, se usó además muestras estadísticas de los índices dentro del período analizado.

Las fuentes de información utilizadas fueron primarias a través de técnicas de recolección de entrevistas y encuestas al personal que labora en la central y secundarias a través de los informes de gestión operativa de la central San Francisco.

Como técnicas de análisis se usó la estadística analítica y descriptiva utilizando los índices dentro del periodo de tiempo seleccionado, gráficos de los datos históricos y pronóstico de comportamiento futuro.

1.4.1. Metodología del procesamiento estadístico de la información

Se utilizó el método de análisis de correlación para medir la fuerza o el grado de correlación entre las variables definidas como dependientes vs la variable independiente, luego fue usada la ecuación de regresión para realizar un pronóstico de la producción en base a la variación de la eficiencia global del proceso.

Se usó el siguiente procedimiento:

1. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson representada por la letra (r), este coeficiente de correlación es la medida de la fuerza de la relación entre 2 variables. Se usó la fórmula (1).

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(n - 1)S_x S_y} \quad (1)$$

Dónde:

\bar{X} : Valor de la variable independiente

\bar{Y} : Valor de la variable dependiente

\bar{X} : Valor de X medio

\bar{Y} : Valor de Y medio

$S_x S_y$: Desviación de la muestra

Para establecer la fuerza y la dirección del coeficiente de correlación se usó la Figura (5)



Figura 5. Correlación existente según el valor de r obtenido

Fuente: Elaboración Propia según (Lind, Marchal, & Wathen, 2008)

2. Se calculó el coeficiente de determinación r^2 que es la proporción de la variación total en la variable dependiente Y que se explica, o contabiliza, por la variación en la variable independiente, se calcula elevando al cuadrado el valor de r .

Y su interpretación se basó en los siguientes principios:

Cuando $r^2 = 1$, el 100% de los puntos se ajusta a la recta.

Cuando $r^2 = 0$, los puntos tienen mucha variabilidad.

3. Se realizó la prueba de la importancia del coeficiente de correlación a través del cálculo t o la prueba t del coeficiente de correlación, para verificar si el r calculado proviene de una población de observaciones pareadas con correlación 0, para ello se usó

una hipótesis nula (3) y la hipótesis alternativa (4), determinado si el valor está dentro de un rango establecido desde la distribución *t de Student* dada en tablas Anexo XII. Se usó la fórmula (2) de esta investigación y la Figura 6 como modelo para encontrar los intervalos requeridos para validar o no la hipótesis nula (3).

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{Con } n-2 \text{ grados de libertad} \quad (2)$$

Donde:

(r^2) = Coeficiente de determinación

n = número de datos

A continuación, se puede ver las hipótesis para verificar la existencia o no de la correlación de la población.

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero) (3)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero) (4)

Dónde:

ρ = Correlación de la población

Valores fuera de la región entre t y $-t$ se ha considerado región de rechazo de la hipótesis nula, es decir hay correlación de todos los datos de la población, valores en la zona entre $-t$ y t , se consideran zona de no rechazo es decir no hay correlación en población. La Figura 6 muestra la regla de decisión para la prueba de hipótesis.

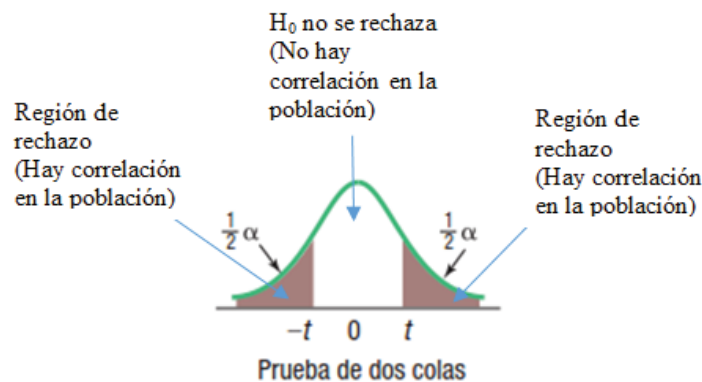


Figura 6. Regla de decisión para la prueba de hipótesis según el nivel de significancia establecido

Fuente: Elaboración Propia en base a (Lind, Marchal, & Wathen, 2008)

Para encontrar ρ recomendado en el caso de que la hipótesis nula H_0 sea igual a 0 se debe consultar el apéndice B2 Anexo XII de este trabajo y se ha de ubicar la fila 4 grados de libertad. Se ubicará el valor t de tabla que contenga al t de prueba y ese valor será de ρ en otras palabras el nivel de significancia variara.

Para aclarar este tema Triola (2009) refiere que el nivel de significación de una prueba estadística es un concepto estadístico asociado a la verificación de una hipótesis. En pocas palabras, se define como la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o "falso positivo").

Para Lind, Marchal, y Wathen (2008), si la probabilidad de que ocurra un evento es menor que el nivel de significancia (α), la interpretación habitual es que el evento no ocurrió en virtud de las probabilidades. Formalmente, el nivel de significancia (α) es el máximo nivel aceptable de riesgo de rechazar una hipótesis nula verdadera (error de tipo I) y se expresa como una probabilidad que oscila entre 0 y 1. Mientras más pequeño sea el nivel de significancia, menos probable será que usted cometa un error de tipo I y más probable será que cometa un error de tipo II. Por lo tanto, debe elegir un nivel de significancia que equilibre estos riesgos de error opuestos basándose en las consecuencias prácticas y en su situación específica.

En un estudio de investigación, el error de tipo II, también llamado error de tipo beta (β) es la probabilidad de que exista este error o falso negativo, se comete cuando el investigador no rechaza la hipótesis nula siendo esta falsa en la población.

Para el caso de nuestra investigación se ha trabajado con nivel de significancia de 0,05, es decir 5% de probabilidad de cometer un error cualquier valor menor significa que hay menos riesgo de estar aceptando el hecho de que la población no tenga correlación, cualquier valor mayor significa que existe más probabilidad de estar aceptando el hecho de que en la población no exista correlación.

4. Finalmente para el caso de la producción de energía en función de la eficiencia global del proceso y para determinar una producción de energía ideal en base a las recomendaciones de eficiencia del TPM se realizó el cálculo de la ecuación de regresión lineal, en base a los datos obtenidos, es decir la ecuación que expresa la relación lineal entre dos variables.

Según Triola (2009), para describir la relación entre dos variables es aconsejable el cálculo de la gráfica y la ecuación de la recta que representa mejor la relación. Esta recta se conoce con el nombre de recta de regresión y su ecuación como ecuación de

regresión. A partir de datos muestrales apareados, se calcula valores estimados de β_0 , que es la intersección de y , y la pendiente β_1 , de manera que se pueda identificar una línea recta con la fórmula (5):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x. \quad (5)$$

En condiciones adecuadas, esta ecuación resulta útil si:

- La muestra de datos apareados (x, y) es una muestra aleatoria de datos cuantitativos.
- El examen visual del diagrama de dispersión indica que los puntos se aproximan al patrón de línea recta
- Se debe eliminar cualquier valor extremo, si se sabe es un error. Es imposible tomar en cuenta los efectos de cualquier valor extremo que no sea error conocido.

Según la Escuela de Negocios Española (INCAE, 2012), la expresión más adecuada para expresar la ecuación de regresión lineal es la expresada en la fórmula (6):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (6)$$

Dónde:

y : (Variable dependiente), valor estimado de la variable y para un valor X seleccionado

$\beta_0 + \beta_1 x$: es la parte sistémica o lo que se espera, donde β_0 es la intersección de y cuando $X=0$, en otras palabras es el valor estimado de y donde la recta de regresión cruza el eje y cuando X es 0.

β_1 Es la pendiente de la recta, o el cambio promedio de y por cada cambio de una unidad (ya sea de aumento o reducción) de la variable X .

X : Es cualquier valor de la variable independiente que seleccione.

ε : Es el error que no depende de nosotros

5. Para la validez de la regresión se estimó el error estándar de estimación de la recta de regresión ($S_{x.y}$), según Lind y Wathen (2008) este error es la medida de la dispersión de los valores observados respecto a la recta de regresión a través de la fórmula (7).

$$S_{x.y} = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y^*)^2}{n - 2}} \quad (7)$$

Donde

$S_{x.y}$ Error estándar de Desviación

$\sum (Y - Y^*)^2$ Sumatoria entre la diferencia entre el valor Y, y el valor estimado con la fórmula.

Cuando:

$S_{x.y} = 0$ Entonces no hay variación de todos los puntos se ajustan a la recta. Entonces \mathcal{E} es 0, no existe dispersión de los puntos.

$S_{x.y} \neq 0$ Mientras más grande $S_{x.y}$, entonces \mathcal{E} es variable y los puntos son dispersos.

6. Finalmente se formularon dos ecuaciones de la recta de regresión utilizando la formula general de la ecuación +- el error de correlación, con lo que se calculó un rango de pronóstico de energía.

Con un nivel de confianza del 95%.

Las fórmulas utilizadas son:

$$y_{RANGO} = \beta_0 + \beta_1 x \pm 2(S_{x.y}) \quad (8)$$

$$y_{SUPERIOR} = \beta_0 + \beta_1 x + 2(S_{x.y}) \quad (9)$$

$$y_{INFERIOR} = \beta_0 + \beta_1 x - 2(S_{x.y}) \quad (10)$$

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Mantenimiento Productivo Total. (TPM)

Sacristán (2001) afirma que el Mantenimiento Productivo Total con sus siglas en Ingles TPM de *Total Productive Maintenance* apareció como una filosofía Japonesa de mantenimiento; sin, embargo, actualmente está relacionada como una filosofía de búsqueda de la máxima eficiencia en la producción de manera global siendo eficientes al reducir los costos de Producción. De ahí que el TPM se considera actualmente como un *Total Productive Management*, o un modelo de Gestión Total de la Producción, tal es así que este autor cambie el contexto de mantenimiento productivo total a mantenimiento total de la producción, el cual bien aplicado puede abarcar todas las herramientas modernas conocida para mejorar la producción, con la implicación de toda la estructura de la empresa, pudiendo constituirse en un proyecto de Calidad Total.

Para este mismo autor el Mantenimiento Productivo Total, aparece en principio, como una filosofía del mantenimiento, integrando a éste la función producción de manera global, no como un fin en sí mismo, sino como un medio de reducción de los costes de producción, siendo el objetivo esencial conseguir la máxima eficiencia del binomio hombre-sistema de producción.

La Figura 7 muestra como el TPM es un modelo de gestión integral con 3 aristas principales, la calidad, el costo y los plazos de producción buscando la eficiencia en la relación hombre-máquina, hombre-proceso-producto, hombre-materiales y hombre-cliente, con el fin de asegurar calidad, disponibilidad y plazos.

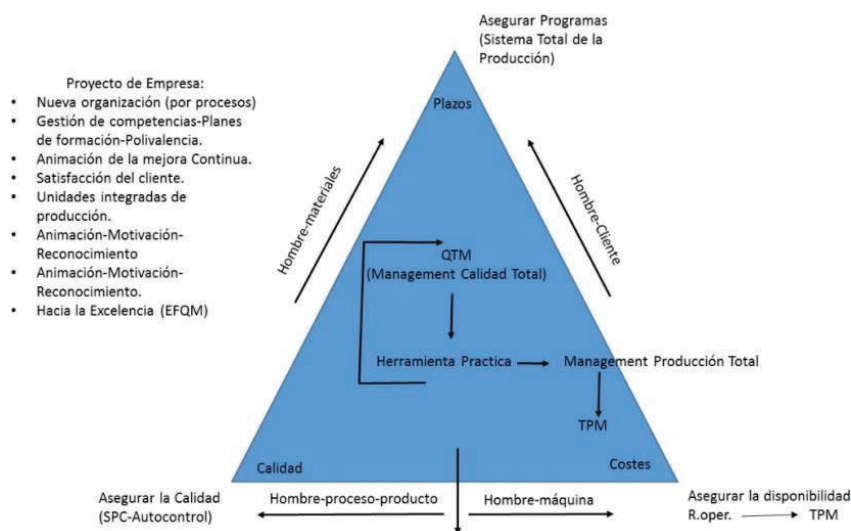


Figura 7. El TPM en un proyecto de empresa en calidad total
Fuente: (Mantenimiento Total de la TPM, Francisco Rey Sacristán, 2011)

2.1.1. El TPM y la productividad

Según Sacristán (2001), el TPM procura el incremento de la productividad global no solamente en las tareas de mano de obra directa sino también en la del resto de funcionarios de la compañía, es decir, el aumento de la productividad solo puede venir del trabajo más eficiente de todos.

La mejora continua se logra a través de una “Calidad de Gestión” y de la “Calidad de Trabajo”.

Para este mismo autor en la “Calidad de la Gestión” el TPM procura que la Dirección o Gerencia:

- Marque adecuadamente las políticas y lineamientos adecuados para lograr los objetivos propios de acuerdo a su realidad.
- Se fijen índices e indicadores aterrizados a la realidad.
- Se realice un seguimiento y una retroalimentación de la información obtenida.
- Se realicen correctivos en mira a mantener el camino hacia el objetivo planteado.

De la misma manera sobre la Calidad del Trabajo, el TPM procura que el personal:

- Trabajen en cooperación en todo el proceso.
- Controlen y aseguren la calidad de su trabajo a través de una táctica personal y responsable.
- Piensen como mejorar el proceso aplicando una estrategia participativa.
- Se reúnan en grupos de fiabilización y de mejora para resolver problemas y progresar.

Existen 2 pilares básicos de producción:

1. La productividad *Hardware*. Es decir, las innovaciones tecnológicas, la capacidad de los equipos productivos y sus tecnologías aplicadas, las inversiones, etc. Es un pilar de naturaleza económica y técnica.
2. La productividad *Software*. Se trata de la mejora del funcionamiento de los procesos de producción, las relaciones a todos los niveles y la calidad de la organización. La dinamización de la empresa, la motivación de los hombres y el constante recurso a su inteligencia, a través de la participación y formación aportando nuevas ideas. (Sacristán, 2001, pág. 27)

Su fundamento reside en la calidad y la adecuada organización de la empresa, así como desarrollar operaciones y la participación de todos.

Para finalizar Sacristán (2001) hace hincapié en que el TPM enfatizara 5 puntos claves de productividad, los cuales se enuncian a continuación:

1. Desarrollar la imagen y la identidad de la empresa, interior y exteriormente.
2. Compartir información.
3. Desarrollar sistemas de dirección, que eliminen rigideces en la organización y fortalezcan la flexibilidad de la estructura y los hombres.
4. Desarrollar la formación y la gestión de los recursos humanos.
5. Desarrollar la apertura del entorno.

2.1.2. El TPM y la gestión de la producción.

Para Garcia (2006), El TPM como gestión de la producción exige:

a) Elaborar un proyecto de empresa con una estructura que busque la máxima eficiencia del sistema industrial de manera global.

b) Identificar mecanismos en la organización para prevenir las diversas pérdidas de producción es decir lograr: cero averías, cero paradas, cero accidentes.

Meta que se basa en la prevención y el rigor de todas las tareas de producción, para alargar el ciclo de vida útil de los equipos de generación, obteniendo elevados resultados técnicos y el rendimiento operacional óptimo con la mayor rapidez, adelantándose a los problemas en los diseños y recepción de los equipos e invirtiendo en esto lo justo y necesario.

c) Aplicar la herramienta a todos los procesos que intervienen en la generación iniciando en una primera etapa a la producción y extendiéndola luego, compras, comercialización, administración etc.

Se debe implantar una dinámica de interrelación entre la filosofía o visión de la compañía, la estrategia elegida y la propia generación. Por tanto, el resto de procesos tales como administración, comercialización e investigación y desarrollo, logística etc. han de trabajar íntimamente ligados a la producción desarrollando sus propias estrategias hacia la misma meta.

d) Lograr la participación de todos los empleados de la compañía desde la alta dirección hasta los operadores de los sistemas de producción.

e) Conseguir cero paradas, pérdidas económicas y despilfarro por falta de calidad en los procesos, mediante las actividades de mejora implantadas a través de grupos de fiabilización y de mejora continua.

Un grupo de fiabilización consiste en un grupo de técnicos en los que se encuentran: los operadores de la producción y técnicos de las diferentes áreas de mantenimiento,

los mismos que deben estar asistidos por técnicos de operación, mantenimiento e ingeniería de las empresas fabricantes.

Se ha considerado lo dicho por Sacristán (2001), respecto a que el TPM es una filosofía que conduce a la excelencia y es la base para la estrategia de la Competitividad.

La Competitividad está centrada en la satisfacción al cliente, existen dos clientes, el interno y el externo y se ha de procurar:

- Producir para darle satisfacción
- Producir con satisfacción interna.

Con esto se mejorarán los costos de producción, los plazos en la disponibilidad de las máquinas, por eso se implantará un plan de productividad apropiado basado en:

- La aceleración de los procesos operativos.
- La aceleración de los flujos de comunicación del área operativa.

Calvo (2004) afirma que el denominador común del TPM es la sencillez y la flexibilidad, por eso una empresa que busca la calidad total busca que:

- La calidad, el mantenimiento y la gestión de flujos pasen a ser responsabilidad de la producción.
- La producción atienda los requerimientos de las máquinas como son: cambio de herramientas, repuestos, averías, etc., por lo que dichas máquinas han de ser lo más sencillas posibles es decir han de tener como equipamiento lo justo y necesario y ayudas tecnológicas para el diagnóstico y control.
- Se dé prioridad a la calidad y a la formación específica de todos los empleados.
- Asegurarse que no aparezcan defectos por pequeños que estos sean aplicando lo que los japoneses llaman sistema "Poka-Yoke" (a prueba de errores). Mediante dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que avisan del problema o dan la información impidiendo continuar con la tarea.
- Lograr el objetivo cero defectos, donde el análisis de los diseños de las máquinas y su implantación, los procesos de trabajo y de organización ya no se pretende controlar al final del proceso. Se tratará de asegurar la calidad paso a paso, a lo largo del mismo.
- Se minimizará el impacto de la complejidad de la automatización de las instalaciones.
- Se dará mucha importancia a los pequeños detalles que día a día se presentan y que hacen que un equipo no funcione bien, presentando sugerencias para lograr la mejora o eliminación de estos pequeños detalles.

A pesar de lograr todo esto, nunca se ha de considerar resuelto el problema de la producción, nunca se ha de desestimar el desafío que supone la mejora de la “producción actual” y la construcción de la “empresa del futuro”.

No hay fórmula mágica, solamente definir nuevas metas y aplicar la mejora continua concentrando toda la organización en la producción, elaborando y aplicando si es posible una estrategia de empresa en Calidad Total.

El MPT exige la mejora continua en todos los ámbitos de la empresa, no solamente en los procesos sino también en los procedimientos, normas y conocimientos, esto es la visión moderna de la calidad, se debe estar atentos además a las continuas evoluciones en las necesidades del cliente, adaptándose a sus necesidades a través de políticas de calidad integrando la creatividad y la innovación. (García, 2006, pág. 9)

2.1.3 Pilares del TPM

(Sacristán, 2001), sostiene que la moderna teoría del mantenimiento Productivo Total plantea que el TPM se basa en el desarrollo de seis pilares, que son los fundamentales dentro de su nueva filosofía para optimizar la productividad de la organización, las cuales son esquematizadas en la Figura 8, y sintetizadas como sigue:

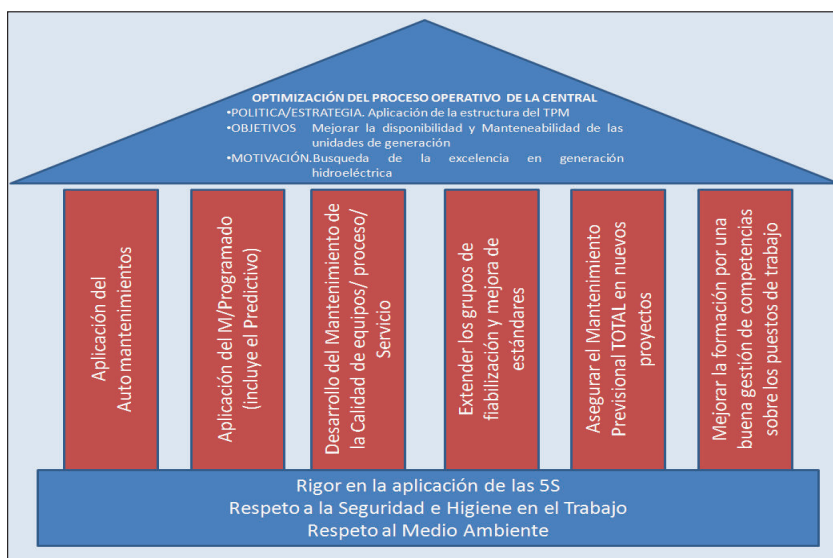


Figura 8. Pilares básicos del TPM.

Fuente: (Elaboración propia en base al TPM, Sacristán (2011))

Los cimientos de la estructura formada por:

- Rigor en la aplicación de las 5 S que son la base o cimiento de los pilares
- Respeto a la Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Respeto al Medio ambiente

Los 6 pilares básicos sugieren:

- La aplicación del auto mantenimiento.
- Desarrollo del mantenimiento de la calidad de equipos/procesos/productos
- Extender los grupos de fiabilización y mejora de estándares.
- Asegurar el mantenimiento previsional total en nuevos proyectos.
- Mejorar la formación por una buena gestión de competencias sobre los puestos de trabajo.

Estos pilares permiten construir un proyecto de empresa sobre el sistema industrial, basada en Calidad Total, las políticas, estrategias, objetivos etc.

2.1.3.1. Rigor en la aplicación de las 5 eses (Principio de Administración Japonesa)

El mantenimiento Productivo Total se diferencia de los demás modelos de gestión de la calidad por la Aplicación de las 5 eses japonesas las cuales es necesario analizar.

Para (Sosa, 2016) las 5 eses se describen como:

1) SEIRI: (Clasificación)

Significa la eliminación de todo lo innecesario para mejorar la organización.

2) SEITON: (Orden)

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Es el principio de funcionalidad. Todo objeto que se utiliza en alguna labor, debe volver luego al sitio.

3) SEISO: (Limpieza).

Limpieza total del sitio de trabajo y de las máquinas que se emplean en el proceso de producción. Debe hacerse al final de la jornada y en el tiempo laboral.

4) SEIKETSU. (Pureza-Estandarización)

Mantener altos niveles de la organización y limpieza. Es una labor constante que no debe practicarse solo cuando hay visitas o cuando a directivos se les ocurre darse una pasada por la fábrica o las oficinas.

5) SHITSUKE. (Disciplina- Autocontrol)

Capacitar a la gente para que de manera autónoma pueda realizar con disciplina sus tareas. Esta práctica pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. Se cita último, pero

debe ser el primero, dentro de los procedimientos se incluye seguridad industrial y respeto medio ambiental.

La Figura 9 muestra las 5s, denominado así por la primera letra de la palabra original japonesa.



Figura 9. Las 5 s del mantenimiento Productivo Total
Fuente: (Sosa, 2016)

2.1.3.2. Aplicación del auto mantenimientos.

Pfeiter (2004) manifiesta que el mantenimiento autónomo es una de las características innovadoras del TPM. La idea es cambiar la mentalidad de los operadores que están acostumbrados a pensar “yo opero, tu arreglas”.

Todos los empleados deben estar de acuerdo en que los operarios de producción son responsables del mantenimiento de su equipo, para lo cual los mismos operadores deben ser adiestrados según las exigencias del programa de mantenimiento. Autónomo.

Una parte importante del mantenimiento preventivo sistémico es el mantenimiento autónomo que consiste de forma simple, en la integración de la intervención del mantenimiento nivel 1 en la operación a través de rondas o inspecciones rutinarias en las que se efectúan: actividades de limpieza, controles visuales, medidas de parámetros, lubricación de puntos de engrase, operaciones de mantenimiento elemental.

Estas inspecciones son un elemento fundamental en la detección de anomalías a través de distintos síntomas: goteos, fugas de aceite, ruidos vibraciones, temperaturas anormales etc., por lo que puede ser, en muchas ocasiones, un sustituto del predictivo con equipos o instrumentos básicos y con la ayuda de los operadores de casa de máquinas.

El objetivo que se persigue con esta implantación es:

- Llegar a modificar el entorno de trabajo preparando y realizando un plan 5S para que el operador asuma de inmediato la limpieza y el orden.
- Preparar a los operadores para que logren llegar a dominar los equipos y sistemas. De esta manera se asegurará el mantenimiento del estado de referencia de los equipos.
- Organizar y realizar el mantenimiento autónomo y optimizado de forma continua, por una animación e implicación de todos los operadores para que trabajen con rigor y responsabilidad aportando ideas para optimizar las tareas a los justos y necesarios.

2.1.3.3. Aplicación del mantenimiento programado (incluye el predictivo)

El TPM exige que se desarrolle el mantenimiento programado con el objetivo de organizar y realizar el mantenimiento preventivo programado y optimizarlo, lo que supone poner a disposición del personal de mantenimiento, de forma regular y planificada, los equipos de la central para aplicar eficazmente el programa de inspecciones establecido. Su aplicación debe ser informatizada para facilitar su gestión, seguimiento y conocer la carga de trabajo en ciclos semanales y con la suficiente antelación. Hay que evitar confeccionar gamas imprecisas y a veces redundantes con el contenido de las gamas de auto mantenimiento (Sacristán, 2001).

El buen funcionamiento del mantenimiento programado está sometido al tiempo disponible de cada equipo para poder realizar las gamas y en paralelo es habitual que los equipos de intervención pierdan mucho tiempo en las piezas de recambio, búsqueda de nomenclaturas y referencias, información, documentación etc., por lo que es necesario trabajar previamente en profundidad sobre estos puntos con el fin de que el tiempo de máquina parada sea empleado con la máxima eficacia y ha de ir en paralelo con las actividades de auto mantenimiento y la puesta a nivel técnico por mejoras de los equipos. Es por ello recomendable tener a la mano además de un completo historial de los equipos, la documentación técnica más completa de cada uno de ellos en cuanto a manuales de mantenimiento entregados por los fabricantes de los equipos, de la experiencia a través de normas de revisión o instrucciones de explotación interna elaboradas sobre el citado equipo o máquina.

2.1.3.4. Desarrollo del mantenimiento de la calidad de equipos / procesos / productos.

Parrado y Sánchez (2004) consideran que la eficacia es la medida del valor añadido a la producción a través del equipo. La eficiencia del equipo se puede maximizar aumentando la disponibilidad total del equipo en un período dado de tiempo, o reduciendo el número de productos defectuosos, mejorando la calidad. El objetivo del TPM es aumentar la eficacia de equipos, las personas y las máquinas, para funcionar en condiciones de cero averías.

El ciclo de vida de una pieza de equipo comienza en el diseño, que tiene como objetivo la máxima reducción posible del mantenimiento. A continuación, se fabrica, se instala y se prueba el equipo antes de disponerlo para la operación normal. Una vez pasado el período inicial de falla, datos de operación se vuelven a la fase de diseño libre de mantenimiento. Estos datos pueden utilizarse para diseñar futuros equipos libres de mantenimiento. La Prevención del Mantenimiento con el fin de minimizarlo, es el objetivo del ciclo diseño-instalación-operación, incluyendo el mantenimiento y la puesta en marcha de equipos.

2.1.3.5. Extender los grupos de fiabilización y mejora de estándares.

Para Sacristán, (2001), si se analiza las acciones tomadas en el eje de la mejora de la eficiencia global del proceso, la más importante es eliminar todo tipo de parada y disminuir los tiempos de intervención en las que se produzcan. Esto pasa por crear un “grupo de fiabilización” el cual es un grupo multifuncional, formado con representantes de todas las funciones involucradas en un proceso: fabricación, mantenimiento, técnicos de procesos (calidad, logística, ingeniería, etc.). En él se puede mezclar varios niveles jerárquicos llegando, incluso, a participar los operarios de fabricación si fuera necesario.

2.1.3.6. Asegurar el mantenimiento previsional total en nuevos proyectos.

Referente al mantenimiento previsional de los nuevos proyectos se dice que:

“El objetivo de esta etapa es transmitir a las ingenierías de planta y a los fabricantes de los equipos/instalaciones las experiencias adquiridas en la explotación de los mismos, aportando:

- Los tipos de disfuncionamientos más importantes que han tenido.
- Las mejoras que se han introducido, sean estas simples o de elevada complejidad.
- Los planes de Mantenimiento preventivo optimizados.
- El histórico de recambios utilizados.
- Los problemas no resueltos con los recursos propios, etc.

Todo ello va a requerir planificar la capitalización de estas experiencias y, por tanto, el mantenimiento de los sistemas desde el proyecto de los mismos”.

(Bernal C. A., 2010, pág. 290)

2.1.3.7. Mejorar la formación por una buena gestión de competencias sobre los puestos de trabajo.

Finalmente sobre la gestión de competencias termina diciendo que:

La puesta de marcha de proyecto de empresa en TPM hace necesario disponer de personal suficientemente formado en el mantenimiento y explotación de las tecnologías aplicadas a los equipos, máquinas, instalaciones productivas, así como en las funciones de técnicos y mandos en una organización moderna, es preciso definir un plan de formación adoptado al puesto de trabajo y por tanto individualizado, sobre cada uno de los actores de las funciones implicadas en los procesos básicos de la empresa.

El eje de este plan de formación es doble:

- Formación hacia la mejora de competencias técnicas y relaciones humanas.
- Formación hacia la polivalencia en los puestos de trabajo, logrando una total adecuación a su puesto de trabajo (Sacristán, 2001).

2.1.4 Etapas del TPM

Teóricamente el Mantenimiento Productivo Total, se basa en 12 etapas en su proceso de implantación Sacristán (2001) afirma estas etapas son “aceptadas casi universalmente”, el Anexo III esquematiza estas etapas y a continuación se procede a describir cada una de ellas según el mismo autor:

2.1.4.1 Decisión de la alta dirección de aplicar el TPM como proyecto de Empresa.

La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión, e infundir entusiasmo por el proyecto. La preparación para la implantación implica crear un entorno propicio para un cambio efectivo. Se requiere, el persistente apoyo y el firme liderazgo de la alta dirección, aunque el programa depende de la participación total de miembros de la organización.

2.1.4.2. Campaña de información-formación técnica

El segundo paso es el entrenamiento y promoción del programa, que debe empezar tan pronto como sea posible, después de introducir el proyecto. El objetivo no solamente explicar el TPM, sino elevar la moral y romper la resistencia al cambio, operadores de producción creen que el TPM incrementa la carga de trabajo, mientras el personal de mantenimiento es escéptico sobre la capacidad de operarios para practicar las actividades preventivas.

Un buen sistema en Japón es organizar jornadas de entrenamiento por niveles jerárquicos

2.1.4.3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM

La estructura promocional del TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales, tales como comités y grupos de proyectos en cada nivel de la organización.

Se recomienda formar circular de participación en niveles táctico y estratégico, establecer una oficina central y asignar el personal necesario. Aunque tradicionalmente comités de mejoramiento se organizan aparte, pueden utilizarse eficientemente para promover las actividades de desarrollo del TPM.

2.1.4.4. Diagnóstico de la situación de partida, indicadores de progreso técnicos y la organización.

Aunque las políticas estén constituidas por proposiciones verbales o escritas abstractas, las metas deben ser claras, cuantitativas y precisas, especificando el objetivo (qué), la cantidad (cuánto), y el lapso de tiempo (cuándo).

Para fijar una meta alcanzable debe medirse y comprenderse el nivel actual, las características de las averías y las tasas de defectos del proceso por pieza o equipo.

El análisis de las condiciones reales existentes y el establecimiento de metas razonables permiten predecir el éxito del proceso.

2.1.4.5. Redacción de un plan tipo, líneas de acción/ objetivos.

Este plan maestro debe incluir el programa diario de promoción del TPM, empezando por la fase de preparación anterior a la implantación y el programa de capacitación. El plan se debe basar en las cinco actividades básicas del TPM:

- a) Mejoramiento de la Efectividad del Equipo.
- b) Establecimiento del Mantenimiento Autónomo.
- c) Aseguramiento de la Calidad de Productos.
- d) Programa de Mantenimiento Planificado.
- e) Plan de entrenamiento y capacitación.

2.1.4.6. Lanzamiento

Este es el primer paso para la implantación propiamente dicha. A partir de este punto, trabajadores deben cambiar sus rutinas de trabajo diarias tradicionales y empezar a practicar el TPM.

El “Disparo de Salida” debe ayudar a cultivar una atmósfera que incremente la moral y dedicación de trabajadores.

2.1.4.7. Implantación de la mejora continua en los sistemas- procesos

Ingenieros de producción, división técnica y mantenimiento, supervisores de línea y miembros de pequeños grupos, se organizan en equipos de proyectos que implementen mejoras para eliminar las pérdidas. La determinación de la efectividad global de equipos y

el análisis de las causas de baja efectividad permiten proponer estrategias para su mejoramiento.

2.1.4.8. Desarrollo del auto mantenimiento.

El mantenimiento Autónomo por operadores es una característica única del TPM. En la promoción del TPM, cada persona desde la dirección hasta el último operario, debe creer que es factible que operarios realicen el mantenimiento y que trabajadores deben ser responsables de su propio equipo.

2.1.4.9. Desarrollo del mantenimiento programado.

El volumen de trabajo de mantenimiento disminuye cuando la inspección general pasa a ser parte de la rutina de operadores. El número de averías decrece ampliamente y también se reducen las actividades globales de mantenimiento.

En esta etapa del proceso, el departamento de mantenimiento debe centrarse en su propia organización y establecer un programa de mantenimiento que incluya los mantenimientos preventivos.

2.1.4.10. Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global.

La educación técnica y el entrenamiento para la formación de habilidades de operación y mantenimiento, debe ajustarse a requerimientos particulares de la planta. La capacitación es una inversión en el personal que rinde múltiples beneficios. La empresa que implanta el TPM debe invertir en entrenamiento para permitir sus trabajadores gestionar apropiadamente sus equipos y afirmar sus habilidades en operación normal.

2.1.4.11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.

Cuando se instala un equipo nuevo, a menudo aparecen problemas durante el arranque en las etapas de diseño, fabricación y montaje todo parezca marchar bien. Se necesitan inspecciones y revisiones en el periodo inicial, ajustes, reparaciones, limpiezas y lubricación para evitar el deterioro. La gestión temprana de equipos se debe realizar por

el personal de mantenimiento y producción como parte de un enfoque de prevención de mantenimiento y diseño libre de mantenimiento.

2.1.4.12. Certificar la aplicación del TPM.

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación y fijar metas futuras más elevadas. Durante este periodo de estabilización, cada uno trabaja continuamente para mejorar resultados, lo cual marca el comienzo real del programa de mejoramiento continuo empresarial.

2.1.5. Índices del Mantenimiento Productivo Total

En las secciones siguientes se ha realizado el análisis de los índices recomendados por el TPM, la variable considerada dependiente, así como las consideradas independientes.

2.1.5.1. Eficiencia global del proceso (variable dependiente)

Según Lean Manufacturing (2017), la eficiencia de un proceso (o de una máquina) es la relación que existe entre la producción real obtenida y la producción máxima teórica.

Las pérdidas del proceso son todo aquello que impide que la eficiencia sea del 100% y se clasifican en 3 grandes grupos: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

El índice estrella que utiliza el TPM es la Eficiencia Global de la Planta o del Proceso llamado también Rendimiento Operacional (Ro).

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia Global de los Equipos, es un indicador que permite medir la eficiencia con la que trabaja un equipo o un proceso.

El OEE también se puede entender como la relación que existe entre el tiempo que teóricamente debería haber costado fabricar las unidades obtenidas (sin paradas, a la máxima velocidad y sin unidades defectuosas) y el tiempo que realmente ha costado.

El mismo autor escribe la fórmula general del rendimiento operacional u eficiencia global del proceso o equipo en la Fórmula (11).

$$OEE = R_o = I_{Disponibilidad} * I_{Rendimiento} * I_{Calidad} \quad (11)$$

Garcia (2006) afirma que las condiciones ideales sugeridas por el TPM para una empresa de clase mundial son:

- Mínima Disponibilidad del equipo.....90%
- Eficiencia del desempeño.....95%
- Porcentaje de Productos de Calidad.....99%

La Figura 10 esquematiza las 3 principales perdidas en la producción.

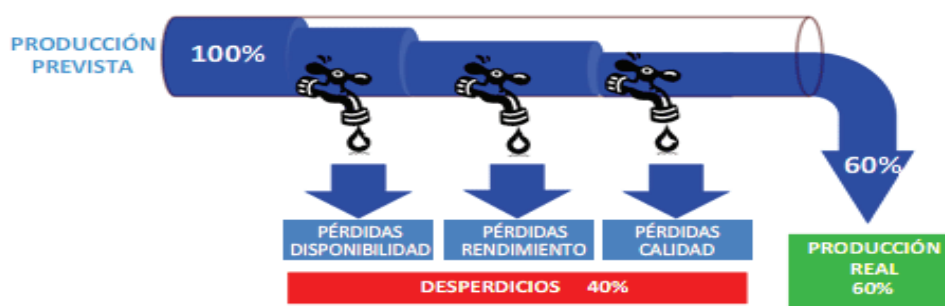


Figura 10. Desperdicios durante el proceso de producción

Fuente: (Tesis Repositorio Institucional Piura, 2012)

Es decir, una eficiencia global del proceso de alrededor del 80%.

Este indicador muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo (Silva, 2012). Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Está compuesto por los siguientes tres factores:

2.1.5.2. Índice de disponibilidad

Según Silva (2012), el índice de disponibilidad mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paradas no programadas.

Para Lean Manufacturing (2017) las pérdidas por disponibilidad, aparecen siempre que se produce una parada de la máquina (averías, cambio de formato, falta, de material, falta de personal, arranque de máquina, etc.).

2.1.5.3. Índice de rendimiento

Este índice mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinada por el fabricante del equipo o diseño

Las pérdidas por rendimiento se dan cuando la máquina no ha parado, pero fabrica a una velocidad inferior a la teórica. Incluye los micros paradas (paradas de muy poca duración, pero muy frecuentes) y el funcionamiento degradado (reducción de velocidad por problemas de calidad, por inicio de fabricación, etc.) (Silva, 2012).

2.1.5.4. Índice de calidad

Según Silva (2012) estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para elaborar productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo. La Eficiencia Global del Proceso (EGP) es un índice importante en el proceso de introducción y durante el desarrollo del TPM. Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Una buena medida inicial de este indicador ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta. Las cifras que componen la eficiencia Global del Proceso ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que se deben utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos. El EGP sirve para construir índices comparativos entre plantas (benchmarking) para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas se debe calcular el EGP para los equipos componentes, esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM.

Para Mendoza (2007) las pérdidas por calidad, se dan cuando se ha fabricado un producto no conforme, se ha consumido tiempo de la máquina y se ha incurrido en pérdidas por calidad. También ocurre cuando se procesa el producto defectuosamente.

Los factores considerados por Sacristán (2001) atacan directamente a las seis grandes pérdidas de productividad citados por Silva (2012) y que se detallan en la Figura 10.

El TPM aumenta al máximo la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad (Silva, 2012). :

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a ese nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requerimiento importante para el éxito del TPM.

La Figura 11 muestra también la relación entre las pérdidas y su afectación a la disponibilidad, rendimiento y calidad.



Figura 11. Las seis grandes pérdidas y la efectividad del proceso.

Fuente. Tesis Repositorio Institucional Piura (Silva 2012)

2.1.6 Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en torno a la eficiencia global del proceso o rendimiento operacional (variable independiente).

Para el TPM la mejora de la efectividad global del proceso o llamada también rendimiento operacional se logra a través de 7 factores que giran a través de la eficiencia Global del proceso y que se detallan a continuación (Sacristán, 2001):

1. Rendimiento de la mano de obra directa de la producción
2. La tasa de productividad del proceso
3. Tasa de no calidad (Retoques recuperaciones bajas en el Proceso, etc.)
4. Tiempo de Ciclo
5. Indisponibilidades debidas a averías, cambios de útiles, herramientas, lotes, etc.

6. Efectivos sobre /100 que son la cantidad de recursos usados por cada 100 piezas fabricadas adecuadamente, este es un indicador específico para empresas que generan productos.
7. Tiempos gama (Asignados en cada Proceso).

2.1.6.1 Rendimiento de la mano de obra

Según Calvo (2004) a veces ocurren averías en piezas recientemente reemplazadas o reparadas debido a que el trabajador de mantenimiento no conocía las técnicas necesarias para llevar a cabo correctamente la reparación o instalación. Para impedir que ocurran estos errores, hay que mejorar los niveles de conocimiento técnico a través de la formación y de esta manera mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria. El trabajo de reparación normalmente se realiza con el apremio de poner el equipo en marcha con la mayor rapidez posible sin dar demasiada importancia a conocer las causas de la avería. Por ejemplo, si la causa más obvia era un tornillo que mantenía un cilindro en su sitio, el trabajo de reparación muchas veces consiste simplemente en reemplazar el tornillo sin investigar por qué se rompió. Obviamente, tal actitud da lugar a una repetición del mismo problema. Lo que hace falta aquí es una actitud que busque la raíz del problema lo cual, hay que admitirlo, no siempre se puede encontrar. Sin esto, sin embargo, no puede existir el mantenimiento exhaustivo que requiere el TPM.

Según Sacristán (2001), el rendimiento de la mano de obra es el indicador que define la buena o mala gestión de la organización de una empresa en la fabricación de un producto.

Dicho indicador viene definido por la fórmula 12:

$$\text{Rendimiento de la MOD} = \frac{\text{Horas Gama}}{\text{Horas presencia MOD}} \times 100 \quad (12)$$

Siendo:

- Horas Gama= número de piezas fabricada x tiempos de fabricación/pieza especificado por método de trabajo.
- Horas Presencia= Número de horas invertidas por la MOD en la fabricación de dichas piezas.

El valor de este indicador debe tender a 100 lo que equivale a decir que la organización de una línea o taller se progresa con menos efectivos de MOD o se hace un mayor volumen de producción con mejores resultados de calidad (menores retoques, recuperaciones, chatarra, etc.).

2.1.6.2 La tasa de productividad del proceso

Según Heizer (2006) crear bienes y servicios se necesita transformar los recursos en bienes o servicios. Cuanto más eficiente se haga la transformación, más productivos se logrará ser y mayor será el valor agregado de los bienes y servicios entregados.

La productividad es la razón entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas o insumos (recursos como mano de obra y capital).

Esta mejora puede lograrse de dos formas: reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien, incremento en la salida mientras la entrada permanece constante. Ambas mejoran la productividad.

La medición de la productividad puede ser lo bastante directa. Tal es el caso que la productividad puede medirse en horas-trabajo por unidad de medida producida. Fórmula 13.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Horas de trabajo empleadas}} = \text{Unidades} / \text{horas de trabajo} \quad (13)$$

Este es un indicador muy importante en la organización y gestión de una empresa y está ligado al tiempo gama y al rendimiento de la mano de obra directa (Sacristán, 2001).

Se define por la expresión dada en la fórmula 14

$$\text{Productividad} = 100 - \frac{(100 \text{ Mej. Proc. } \%) \times \text{Rendim. acumul. año anter.}}{\text{Rendim. acumulado real del año}} \quad (14)$$

2.1.6.3 Tasa de no calidad (Retoques, recuperaciones bajas en el proceso, etc.)

Los defectos de calidad y trabajos rehechos son pérdidas originadas por disfunciones de las máquinas. En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente

devolviendo el equipo a su condición normal. Estos defectos incluyen los aumentos súbitos en la cantidad de defectos u otros fenómenos dramáticos. Por otra parte, las causas de los defectos crónicos son de identificación difícil. Las reparaciones rápidas para restaurar el status de la máquina raramente resuelven el problema, y las condiciones que realmente causan los defectos pueden ignorarse o dejarse de lado. Deben también registrarse como pérdidas crónicas, y no ignorarse, los defectos que se pueden corregir a través de rectificaciones y trabajos rehechos.

La eliminación de los defectos crónicos, como las averías crónicas, exige una profunda investigación y medidas innovadoras. Deben determinarse las condiciones que provocan los defectos y entonces controlarse eficazmente. La meta principal es siempre la eliminación total de los defectos.

Ya que hay distintos tipos de defectos - esporádicos y crónicos- alcanzar la meta de cero defectos se vuelve cada vez más difícil. Llegar a ella, requiere la consideración de medidas basadas en una comprensión amplia de todos los defectos (Silva, 2012).

2.1.6.4 Tiempo de ciclo

Las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son las que ocurren debido al rendimiento reducido entre el momento de arranque de máquina y la producción estable.

Muchas veces, las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas y troqueles, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba y otros factores. En todo caso, el resultado es tener muchas pérdidas (Mendoza, 2007).

2.1.6.5 Indisponibilidad

2.1.6.5.1. Indisponibilidad por averías

Para Silva (2012) la indisponibilidad por averías son el grupo de pérdidas más grande, y existen dos tipos:

- Averías de pérdida de función.
- Averías de reducción de función.

Según este autor las averías de pérdida de función suelen producirse esporádicamente (de repente) y son fáciles de detectar ya que son relativamente dramáticas: el equipo se detiene por completo.

Por otra parte, las averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando a un nivel de eficacia inferior.

En general, las averías pueden causarse por todo tipo de factores pero es usual darse cuenta únicamente de los grandes defectos y se pasa por alto la multitud de defectos pequeños que también contribuyen a ellas.

Obviamente, los grandes defectos merecen nuestra atención, pero los defectos pequeños merecen igual atención porque se acumulan y también causan averías. De hecho, muchas se producen simplemente por no hacer caso a detalles que parecen insignificantes tales como un tornillo suelto, abrasión, suciedad y contaminantes, y los efectos de estas pequeñas cosas se acumulan hasta afectar a la eficacia del equipo.

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes acciones:

- Impedir el deterioro acelerado corrigiendo a tiempo cualquier anomalía
- Mantenimiento de condiciones básicas del equipo, como limpieza, orden, lubricación, inspecciones y ajustes
- Corregir debilidades de diseño
- Aprender lo máximo posible de cada avería para que no vuelva a pasar.

2.1.6.5.2. Indisponibilidad por preparación y ajuste

La indisponibilidad por preparación y ajustes son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de re utililaje tales como cambio de útiles, etc. Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente.

Los ajustes son los que consumen la mayor parte del tiempo, a veces se necesitan de los ajustes debido a una falta de rigidez o alguna otra deficiencia mecánica. Sin embargo, al intentar reducir el número de ajustes primero hay que investigar los mecanismos de ajuste y dividir los ajustes en los evitables (que se pueden mejorar) y los inevitables (no mejorables).

2.1.6.5.3. Indisponibilidad por tiempos muertos y paradas pequeñas

A diferencia de las averías ordinarias la inactividad y paradas pequeñas son el resultado de problemas transitorios en el equipo. Por ejemplo, una pieza puede atascarse en una tolva o un sensor de control de calidad puede parar temporalmente el equipo. Tan pronto como alguien quita la pieza atascada o vuelve a poner en marcha el sensor, funciona normalmente de nuevo. Por lo tanto, la inactividad y paradas pequeñas difieren cualitativamente de las averías normales, pero tienen tanta o mayor incidencia que ellas en la eficacia del equipo sobre todo en máquinas de proceso automático, de ensamble o de línea.

Ya que se pueden restaurar con bastante facilidad los tiempos muertos y paradas pequeñas, hay una tendencia a pasarlos por alto y no considerarlos como pérdidas. Pero son, de hecho, pérdidas y esto hay que hacerlo entender a todo el mundo. Sin embargo, aún después de haber explicado esto, puede que sea difícil entender la importancia de las pérdidas por tiempos muertos desde un punto de vista cuantitativo. Por ello, mientras no se haga patente su nocividad, difícilmente se podrán tomar medidas exhaustivas para eliminarlas.

En fábricas con muchas unidades de equipos, cada caso de inactividad o parada pequeña necesitará su tiempo de reparación, pero obviamente cuanto más tiempo se tarda, más grande es el problema. Hoy en día cada vez más fábricas que han ido reduciendo su personal, sufren inactividad y paradas pequeñas que suponen un problema muy grave pues no hay nadie allí que pueda responder de inmediato. Entonces, en estos casos, es esencial la meta de cero inactividades y paradas pequeñas.

2.1.6.6. Efectivos / 100 (recursos usados por cada 100 productos adecuadamente elaborados)

Según Sacristán (2001), el objetivo de este ratio es que sirva de referencia para buscar líneas de progreso a través de benchmarking, etc. Por comparación con los mejores ratios conocidos e incluso, para observar el propio progreso.

Para utilizar este indicador se hace necesario conocer los efectivos que trabajan en un proceso en cada uno de los niveles 1, 2 y 3 y registrar las piezas buenas realizadas por día, siendo esta la medida en un periodo dado, como puede ser mensual.

La división de los efectivos entre la cantidad de cientos de piezas/productos fabricados dará directamente el indicador de efectivos/100 piezas / productos.

Nivel 1. Es el personal relacionado con la fabricación y necesario para el funcionamiento de la empresa. Comprende:

- MOD (Mano de obra directa)
- Estructura (incluyendo mandos)

Nivel 2. Corresponde a los efectivos de los servicios de apoyo, es decir, personal relacionado con la fabricación pero no perteneciente a la misma, como puede ser:

- Corresponde a los efectivos de los servicios de apoyo, es decir, personal relacionado con la fabricación pero no perteneciente a la misma, como puede ser:
- Mantenimiento
- Talleres de afilado y preparación de herramientas
- Gestión de Calidad
- Logística y aprovisionamiento

Nivel 3. Corresponde al resto de personal imputado a un “proceso” o línea de producción por su relación con el mismo, como puede ser:

- Métodos
- Gestión de recursos humanos (departamento de personal)
- Organización y planificación
- Dirección.

2.1.6.7. Tiempo gamas (asignados en cada proceso)

Para Sacristán (2001), es el tiempo asignado por los métodos de trabajo para ejecutar tareas manuales, relacionadas con el producto y el proceso, para fabricar una pieza o un servicio.

La reducción de este tiempo es debido a una mejora del proceso, reflejando la efectividad o rendimiento de las inversiones para la mejora del mismo.

Para calcular el número de operarios (*No. oper.*) a incorporar a la línea por método puro, se usa la expresión siguiente:

$$No.oper / turno = \frac{V(volumen.producción) \times (tiempo.gama / pieza) \cdot (minutos)}{Tiempo.presencia(min) / operario} = operarios / turno \quad (15)$$

2.1.7. Diagnóstico del estado técnico y organizacional de los lugares de trabajo.

Diagnosticar la situación o estado de los lugares tiene como objetivo evaluar mediante el conocimiento sobre el terreno, y dentro de cada área de trabajo o taller:

- La situación del nivel de performances o características técnicas de los sistemas de producción.
- La organización del mantenimiento y de la explotación de los sistemas de producción.
- Evaluar la amplitud y naturaleza del potencial de mejora tanto técnico-económico como organizacional.

Este diagnóstico debe:

- a) Describir la situación de partida en su totalidad.
- b) Permitir extraer un programa central (por ejemplo: el rendimiento operacional)
- c) Plan de acción global

Esta es una etapa fundamental en el desarrollo del TPM y en la eficacia de los planes. Es conveniente trabajarla en dos fases a través de un diagnóstico¹.

- Primera Fase: El estado “Técnico” de los lugares, con la ayuda de Indicadores Técnicos.
- Segunda Fase: El estado “Organizacional” de los lugares, a través de entrevistas individuales y encuestas anónimas.

Para ello se establecieron 2 tipos de indicadores:

- Indicadores del estado técnico de la empresa
- Indicadores del estado organizacional, de la empresa

Las consideraciones de estos indicadores deben ser las siguientes:

- Debe ser importante referido al aspecto significativo
- Claro, medible y factible
- Lo menos subjetivo posible
- Deben ser los suficientes como para tener una visión clara de la situación u actividad

La figura 12 muestra en esquema los diferentes tipos de indicadores.

¹ El diagnóstico es el análisis inicial que permite tener una visión clara del estado de partida de la organización.

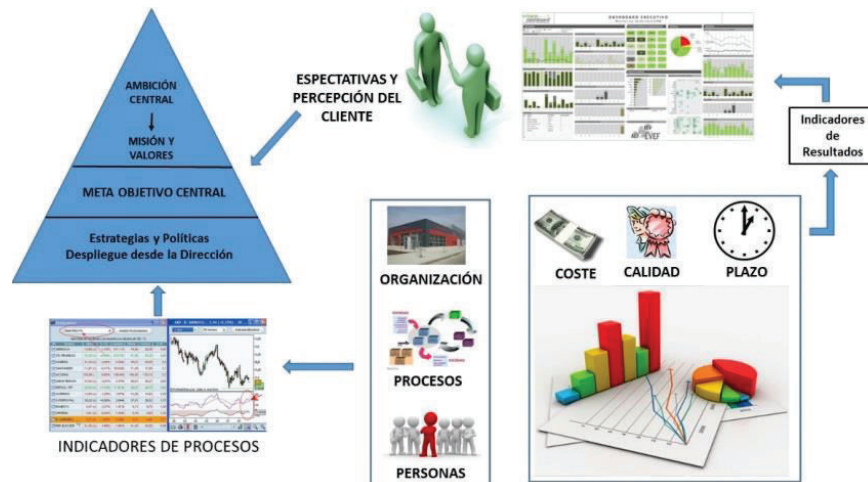


Figura 12. Indicadores de resultados y procesos.

(Fuente: Elaboración propia en base a Francisco Rey Sacristán, Mantenimiento Total de la Producción TPM, 2001)

2.1.7.1. El estado técnico de los lugares.

Según Parrado y Sánchez (2004) el estado técnico de los lugares consiste en analizar el resultado de los indicadores técnicos (indicadores numéricos), un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre cualquier factor crítico identificado, en los procesos o en las personas que repercuten en los objetivos de calidad, costo y plazos.

Básicamente se deben establecer indicadores con las siguientes características:

- Indicadores de calidad para medir el cumplimiento de las especificaciones del proceso, producto o servicio de cara a satisfacer al cliente.
- Indicadores de plazo para medir aspectos de productividad de los procesos.
- Indicadores de Costo para medir el consumo de los recursos.

2.1.7.2. El estado organizacional de los lugares.

Según Sacristán (2001), la información que se requiere para una evaluación del estado “organizacional” de los lugares se puede obtener a través de entrevistas individuales y encuestas anónimas.

Estas consultas deben ser realizadas a partir de preguntas tipo que giran siempre alrededor de:

¿Qué tipo de disfuncionamiento destaca usted en su tarea habitual?, ¿Y en lo que le rodea?

La entrevista o encuesta puede durar aproximadamente 1 hora, siempre será de carácter voluntario, participando, a ser posible, los diferentes niveles jerárquicos de la fabricación. Se puede afectar a cada disfuncionamiento una nota que represente la importancia del mismo con el fin de jerarquizar después los problemas a tratar (ejemplo: 1= total desacuerdo, 2= en desacuerdo, 3= parcialmente de acuerdo, 4= totalmente de acuerdo). Este proceso se puede extender a los servicios que ayudan a la fabricación (mantenimiento, calidad, métodos, adquisiciones y bodegas etc.), desde el punto de vista de mejorar los disfuncionamientos de fabricación tal y como lo ven estos servicios prestatarios y viceversa.

2.2. Centrales de generación hidroeléctrica y la gestión operativa

El objetivo de esta sección de la investigación es dar a conocer el marco teórico respecto a la generación y la gestión operativa de una central hidroeléctrica. Se profundiza en aspectos específicos de la central hidroeléctrica San Francisco.

2.2.1. Tipos de centrales hidroeléctricas

Existen diversos tipos de Centrales hidroeléctricas y estas se clasifican según criterios técnicos sus componentes su operación.

Se ha tomado el criterio más generalizado de clasificación establecido por la Universidad Centro Americana José Simeón Cañas, (2015), como uno de los criterios de clasificación que más se acerca a lo que se pretende en este trabajo y que va a ayudar a entender de mejor manera el contexto y análisis que se ha realizado posteriormente.

En este sentido se describe la clasificación según:

2.2.1.1. El tipo de Embalse

a) Centrales de agua fluyente o centrales sin embalse.

Son aquellas centrales que tienen un pequeño embalse o ningún embalse y aprovechan la anergia del agua corriente sin necesidad de represarla.

Este tipo de centrales también se subdividen en centrales con reserva diaria o hebdomada o centrales sin reserva.

b) Centrales con embalse o de regulación.

Estas centrales están provistas de un embalse que permite la regulación de caudal y por tanto la potencia de generación de sus turbinas, de la misma manera dependiendo del caudal de aportación al embalse el agua puede ser usada para otras aplicaciones como por ejemplo el riego.

c) Centrales de acumulación por bombeo.

Estas centrales poseen dos embalses el uno colocado a diferente nivel que el otro. Cuando la demanda es máxima en el día, se utiliza la energía almacenada en el embalse superior para hacer girar las máquinas y cargar un alternador generando energía al sistema interconectado, el agua queda almacenada en el embalse inferior el mismo que es bombeado hacia el embalse superior durante la noche donde el consumo energético es menor, y así continua el ciclo productivo nuevamente.

En este tipo de centrales se dispone de grupos de motores-bombas, o sus turbinas pueden funcionar como bombas y sus alternadores como motores.

d) Centrales mareomotrices.

Este tipo de centrales utiliza la fluctuación de los niveles en el mar cuando la marea cambia.

En marea alta se acumula energía potencial y en la marea baja se turbinan.

2.2.1.2. La altura neta del salto

La siguiente clasificación ha sido propuesta por el Grupo de formación de Empresas, (1986).

a) Salto de pequeñas alturas: $H \leq 14,99$ m

Son aquellos que se encuentran en terrenos llanos y muy por lo general de gran caudal

b) Saltos de mediana altura: $15 \leq H \leq 49,99$ m

c) Saltos de gran altura: $H \geq 50$ m

Son aquellos que se encuentran en terrenos montañosos, por lo general con caudales pequeños en vista de que es donde inician las vertientes de agua a captan afluentes.

2.2.1.3. La potencia en el eje de la turbina instalada.

Según el punto de vista europeo se pueden clasificar en:

Micro centrales: $P_a < 100$ kW

Centrales de pequeña Potencia: $100 \leq P_a \leq 1000$ kW

Centrales de Mediana Potencia: $1000 \leq P_a < 10.000$ KW

Centrales de gran Potencia: $P_a > 10.000$ KW

2.2.1.4. Según el sistema de explotación

- Centrales aisladas o independientes, son aquellas que alimentan una red de consumo particular sin conexión a una red general alimentada por otras Centrales.
- Centrales coordinadas, son aquellas que conjuntamente con otras centrales alimentan una red general de interconexión.

2.2.1.5. La demanda que satisfacen

- Centrales de Base, son las que proporcionan la energía que generan en forma permanente salvo los periodos de mantenimiento.
- Centrales de Punta, Son la que suministran la energía necesaria para atender las puntas del consumo u llamadas horas pico donde hay gran consumo de energía.

2.2.2. Procesos que involucran la generación hidroeléctrica

El proceso de generación hidroeléctrica tiene su entrada con el agua almacenada en una presa donde se almacena la energía potencial (energía hidráulica) luego esa energía es transformada en energía cinética (rotación de un rodete), que trasmite esta rotación hasta un generador (sistema hidroeléctrico), que a su vez produce energía eléctrica.

La Figura 13 muestra un en diagrama de bloques el proceso de generación hidroeléctrica en términos generales.

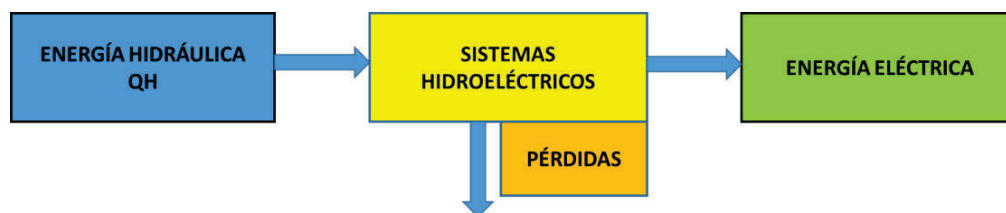


Figura 13. Proceso de generación hidroeléctrica
Fuente: (Universidad Centro Americana José Simeón Cañas, 2015).

En la Figura 14 adjunto se puede observar un esquema más detallado del proceso de generación hidroeléctrica.

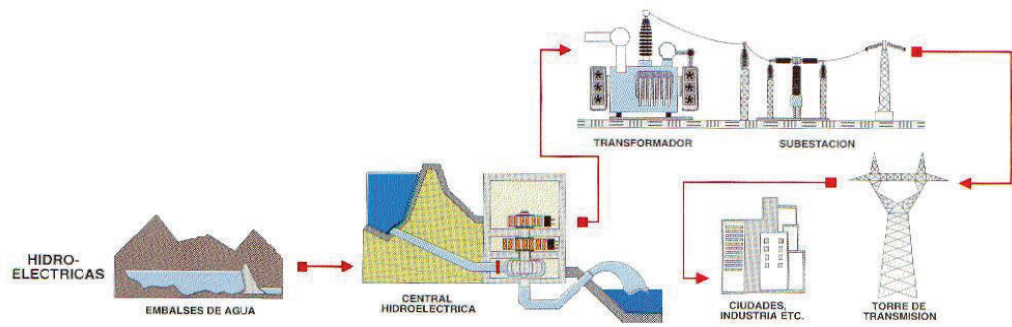


Figura 14. Esquema básico de proceso de generación hidroeléctrica.

Fuente: (Grupo de formación de Empresas, 1986)

2.2.3. Componentes hidroeléctricos

Basado en el proceso general de generación hidroeléctrica según el grupo de formación de empresas (1986) se pueden considerar básicamente los siguientes componentes de una Central Hidroeléctrica:

- La presa, donde se almacena el agua y se conserva la energía potencial
- La tubería de conducción, por donde se traslada el agua desde la presa hasta la casa de máquinas.
- Chimeneas de equilibrio
- La tubería de Presión donde se procura un flujo laminar.
- Turbinas en la Casa de máquinas donde se realiza la transformación de la energía potencial en energía cinética y luego en energía eléctrica por medio del rodete y generador.
- Generadores
- Válvulas y compuertas
- Dispositivos de regulación
- Equipos eléctricos en general
- Elementos de control y protección
- Equipos auxiliares
- Elementos de automatización
- Los transformadores de corriente para reducir corriente eléctrica y aumentar voltaje para la transmisión.
- Las líneas de distribución

- Las chimeneas superiores e inferiores para la atenuación de sobrepresiones aguas arriba y aguas debajo de la casa de máquinas.
- La tubería de descarga, para transportar el agua turbinada a su cauce normal.

Dependiendo del tamaño de las hidroeléctricas estos componentes pueden diferir de cierta manera unos de otros, pero en suma se trata de los mismos componentes en general.

2.2.4. Gestión operativa de una central y el TPM

Para Heizer (2006) la producción consiste en crear bienes y servicios y la administración o gestión operativa es el conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados.

No solamente los productos terminados son bienes tangibles sino aquellos bienes no tangibles como por ejemplo la generación hidroeléctrica se considera un servicio.

Sea cual sea el producto final un bien o un servicio, todas las actividades de producción a las cuales incurre una empresa se la llama administración de operaciones o gestión operativa.

En este contexto se considera al TPM como una filosofía de trabajo para realizar más eficientemente las actividades de transformación de materia prima en producto terminado, sea este un bien o un servicio, procurando más producción con menos utilización de recursos es decir maximizando la productividad.

La Figura 15 muestra la cadena de valor de la central San Francisco.

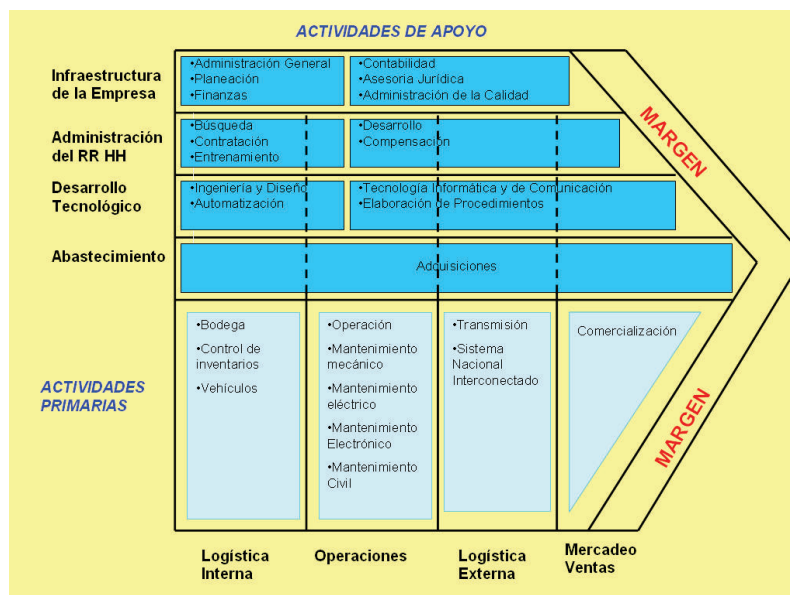


Figura 15. Cadena de valor de la central hidroeléctrica San Francisco

Fuente: Plan de Negocios de la Unidad de Negocio Hidroagoyán

2.2.5. Índices operativos manejados por las centrales hidroeléctricas.

La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP., 2013) estableció las instrucciones sobre planificación y gestión de la producción para las centrales hidroeléctricas de la corporación.

En este documento se encuentra el instructivo de seguimiento a la gestión técnica en operación y mantenimiento de las centrales de generación, fijando los siguientes parámetros e índices de producción:

2.2.5.1. Índice de disponibilidad (%)

Es el porcentaje de tiempo del periodo en el cual una unidad de generación es capaz de proporcionar el servicio, ya sea que el sistema precise o no de su funcionamiento.

$$ID\% = \frac{HP - (HFFI + HFFE + HMCor, For, Emerg + HM Pr og + HER)}{HP} \times 100 \quad (16)$$

Dónde:

ID (Índice de Indisponibilidad)

HP (Horas del periodo)

HFFI (Horas fuera de servicio por fallas internas)

HFFE (Horas fuera de servicio por fallas externas)

HMCor, For, Emerg: (Horas de mantenimiento correctivo, forzado, emergente)

HER: (Horas equivalentes de disponibilidad restringida, es igual a $((P_{max}-Pr)tr)/P_{max}$)

Dónde:

P_{max} : Potencia Máxima disponible.

Pr : Potencia restringida

tr : Periodo en donde se presentó la restricción.

2.2.5.2. Factor de Planta. (%)

Es el valor en porcentaje definido como la relación entre la energía bruta generada por la planta en el periodo de estudio y la energía que puede producir durante todas las horas del periodo, sumando las potencias efectivas de las unidades que la componen.

La energía bruta está dada en Megavatios*hora con la potencia máxima generada por cada máquina igual a 106 Megavatios, el periodo de tiempo es igual a 1 mes.

$$Factor.de.Planta = \frac{Energia.Bruta}{Potencia.Efectiva * H.Mes} * 100 \quad (17)$$

Dónde:

Energía Bruta (MWh). Es la cantidad de energía activa total producida por una unidad de generación, medida a la salida de los bornes.

Potencia Efectiva (MW). Es la potencia que brinda la unidad de generación bajo parámetros nominales, bajo las condiciones medioambientales del lugar de instalación de la unidad de generación. Este valor es declarado al CENACE.

2.2.5.3. Índice de confiabilidad (%).

Es el porcentaje de tiempo del periodo en el cual una unidad de generación es capaz de operar sin salir de servicio motivada por fallas internas.

$$IC\% = \frac{(HP - HM Prog) - (HFFI + HMCor, For, Emerg)}{(HP - HM Prog)} * 100 \quad (18)$$

Dónde:

HP:	Horas del periodo
HM Prog.	Horas de mantenimiento programado
HFFI:	Horas fuera de servicio por fallas internas, incluyen las horas por indisponibilidad forzada por disparo y falla en el arranque.
HMCor, For ,Emerg:	Horas fuera de servicio por mantenimiento correctivo, forzado, o emergente.

Mantenimiento programado/ Preventivo (h). Horas de mantenimiento programado autorizado por el CENACE.

Mantenimiento Programado Extendido (h). Horas adicionales ocupadas a un mantenimiento programado.

Total Mantenimiento Programado (h). Son las horas sumadas de todos los mantenimientos programados.

Mantenimiento correctivo/forzado/emergente (h): Horas de mantenimiento no previsto para atender cualquier desperfecto o falta de algún suministro que obligo a sacar la

unidad de operación para su corrección. La fecha y hora de salida y entrada en línea debe ser coordinada con el CENACE.

Mantenimiento correctivo/forzado/emergente extendido (h): Horas adicionales ocupadas en un mantenimiento de las características inmediata anterior.

2.2.5.4. Indicador de tiempo promedio para reparar (TPPR)

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Dicho de otra manera, el TPPR mide efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un periodo de tiempo comprendido desde el primero de enero hasta el mes de reporte. Este indicador será calculado por cada unidad de generación.

$$TPPF = \frac{\text{Horas.de.fallo}}{\text{Numero.de.fallos}} \quad (19)$$

Dónde:

HORAS POR FALLOS (h). Son las horas contabilizadas desde la salida de servicio por fallo hasta la declaración de la disponibilidad. Se acumularán las horas de las fallas ocurridas desde el primero de enero hasta el mes de reporte.

NÚMEROS DE FALLOS (#). Es la cantidad de fallos ocurridos en la unidad de generación, desde el primero de enero hasta el mes de reporte.

2.2.5.5. Factor de indisponibilidad por falla

Es el valor en porcentaje definido como la relación entre las horas fuera por falla del mes actual de una unidad de generación y las horas totales del período.

$$\text{Indisponibilidad.por.Falla.}\% = \frac{\text{Horas.Fuera.por.Falla}}{\text{Horas.Mes}} \times 100 \quad (20)$$

2.2.5.6. Factor de utilización (%)

Es el valor en porcentaje definido como la relación entre las horas de sincronismo del mes actual de una unidad de generación y las horas totales del periodo.

$$\text{Factor de Utilización\%} = \frac{\text{Horas.de.sin cronismo.del.mes}}{\text{Horas.totales.del.Mes}} \times 100 \quad (21)$$

Dónde:

Sincronismo Normal (h): Horas acumuladas de operación normal en el mes.

Sincronismo de prueba (h): Horas acumuladas de operación en el mes en las cuales la unidad es declarada en prueba para revisión en línea.

Sincronismo mes actual (h): Horas de sincronismo normal más horas de sincronismo en prueba del mes.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN FRANCISCO EN EL PERÍODO DE ESTUDIO.

En las secciones siguientes se ha plasmado a través de la estadística descriptiva el estado técnico y organizacional de las áreas de trabajo de la central San Francisco.

3.1. Central hidroeléctrica San Francisco

La central San Francisco constituye la segunda etapa del aprovechamiento del río Pastaza, permite la utilización de la energía hidráulica, del tramo comprendido entre la central Agoyán y la desembocadura del río San Francisco en el río Pastaza.

Capta directamente de los túneles de descarga de la central Agoyán las aguas turbinadas que son conducidas mediante un túnel de 11.4 Km de longitud por el margen izquierdo del río Pastaza, hasta una casa de máquinas subterránea ubicada en las cercanías del río San Francisco.

Este aprovechamiento de las aguas turbinadas de la central Agoyán evita la creación de un embalse en el río, evitando el problema del mantenimiento de un volumen de regulación suficiente, frente a un importante transporte de sedimentos, por lo que Agoyán y San Francisco forman un solo sistema hidroeléctrico, sin el impacto ambiental que se ha querido evitar desde mucho tiempo atrás.

3.1.1. Antecedentes

La construcción de la central San Francisco comenzó en febrero de 2004 y dio inicio a la generación comercial la unidad 2, el 06 de mayo del 2007 y la unidad 1 el 30 de mayo del 2007. Es decir está generando comercialmente por alrededor de diez años, lo que hace que se tenga información suficiente como para establecer estrategias para lograr una mejor eficiencia en su gestión operativa.

3.1.2. Ubicación

La central está ubicada entre la cuenca media y baja del río Pastaza, en la ciudad de Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, región central del Ecuador, posee dos

(2) unidades generadoras de 115 MW cada una, con 230 MW de potencia instalada, para la producción de energía hidroeléctrica y el abastecimiento de la demanda del sistema nacional interconectado del Ecuador.

La Figura 16, muestra un corte seccional del túnel de conducción de la central San Francisco, en el mismo se observa las diferentes poblaciones por las cuales pasa este túnel y la casa de máquinas ubicada en el caserío San Francisco.



Figura 16. Corte seccional del túnel de conducción la central San Francisco
Fuente: (Página Web CELEC EP, Unidad Negocio Hidroagoyán)

3.1.3 Características técnicas

La Central San Francisco está conformada por 4 instalaciones las mismas que tienen sistemas, subsistemas y componentes, las características de estos sistemas se presentan en la Figura 17, las instalaciones con las que cuenta la central son: obras civiles, equipo mecánico, equipo eléctrico y equipo hidromecánico.

En el Anexo IV se presentan los códigos de cada sistema y en él se detallan hasta nivel de subsistemas, en el Anexo V se realiza un análisis de criticidad para identificar aquellos sistemas con alta criticidad, esto con el fin de evaluar adecuadamente los sistemas que pueden ocasionar paradas de central, y poder realizar las recomendaciones necesarias para evitar cualquier disfuncionamiento y verificar donde se deben priorizar actividades tendientes a la aplicación de las buenas prácticas del Mantenimiento Productivo Total.

Esta es una evaluación básica para realizar recomendaciones de implementaciones para la mejora de la Eficiencia Global del Proceso.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	CARACTERISTICA TECNICA
OBRA CIVIL	Túnel de Inteconecion	1	Revestido de hormigón de 6.4 metros de diametro interior
	Camara subterranea de interconecion	1	10 metros de ancho 24,5 metros de alto y 100 metros de longitud
	Túnel de carga	1	11,2kilometros de longitud, 7,5 metros de diametro
	Chimenea de equilibrio superior	1	Tunel inclinado de 712,45 metros de longitud, 10% de pendiente, seccion tipo baul con 4,5 metros de ancho y 5 metros de altura.
	Tuberia de presión	1	Vertical de 171 metros de desnivel, 5 metros de diametro lindado en acero
	Casa de máquinas en caverna	1	76m de alto, 19 de ancho y 42 de altura.
	Chimenea de equilibrio inferior	1	24m de largo, 7,5 de ancho y 24m de altura
	Túnel de restitución	1	234,6m de longitud, 6,4m de diametro
EQUIPO MECANICO	Turbinas hidraulicas	2	tipo francis de eje vertical de 115mv de potencia individual
	Reguladores de velocidad	2	tipo PID electrohidraulicos
	Valvula tipo mariposa	2	biplana de diametro 3,000mm
	Puente grua	1	grua de 210t de capacidad en el gancho principal y 15t para el gancho auxiliar
	Sistemas auxiliares	1	para enfriamiento, sellos, drenaje, agua potable, ventilacio, aire acondicionado, aire comprimido, sistema contra incendios
EQUIPO ELECTRICO	Generadores	2	sincronicos trifasicos con factor de potencia inductivo de 0,9, 13,8kv, 60hz
	Sistemas trifasicos	2	de barra de generador y equipo de 13,8kv
	Transformadores	2	trifasicos elevadores 13,8 - 230kv
	Subestación	1	de 230kv, en SF6(GIS), esque ma de doble barra, 5 campos
	Circuitos trifasicos	2	De cable de 230kv, con aislamiento de XLPE
	Posiciones de arranque	2	De linea de transmicion de 230kv y accesorios
	Instrumentación de mando	2	para supervisión medición y protección convencionales para las dos unidades generadoras, la subestación, la línea de transmisión y sus equipos auxiliares
	Sistemas de telecontrol	1	computadoras de proceso en tiempo real con sus perifericos respectivos, estaciones terminales remotas y equipos auxiliares
	Equipos y dispositivos para la alimentación de equipos auxiliares	1	En corriente alterna y continua, incluida el grupo diesel-electrico de emergencia de casa de maquinas y los sistemas de iluminacion, cimunicación , telemando
	Caleado electrico	1	Para los circuitos de fuerxa y los sistemas de mando, supervision, proteccion, señalización, comunicación, iluminación y toma corrientes, soportes, ductos , bandejas
	Sistemas de telecomunicación	1	Teletransmisión de datos, buscar personas, relojería.
	Sistema de conexión a tierra	1	De neutro y cubiertas de equipos
EQUIPO HIDROMECHANICO	BLINDAJE	1	De tuberia de presión, codo, bifurcador y ramales de distribuidor.
	Compuertas planas	4	Descarga de la central agoyan, camara de interconeción y túnel de restitución
	Compuertas de cierre	4	Para la chimenea inferior de agoyan y san francisco
	Tapon y blindaje	1	para la ventana de construcción numero 4
	Sistema de mando	1	Oleo-hidraulicos y electricos para el control de las compuertas
	Grua portico y monorieles	1	Para los servicios principales y auxiliares

Figura 17. Características de los sistemas de la central San Francisco
Fuente: (Manuales de operación y mantenimiento de la central)

3.1.4. Estructura Organizacional

La figura 18 muestra la estructura organizacional de la central San Francisco hasta el nivel de sección.

Hidroagoyán es una unidad de negocios de la Corporación Eléctrica del Ecuador y tiene a su cargo 3 centrales hidroeléctricas, la central Agoyán ubicada en la ciudad de Baños, la central San Francisco ubicada en el caserío San Francisco perteneciente a Baños de Agua Santa y la central Pucará ubicada en el cantón Píllaro, todas ellas dentro de la provincia de Tungurahua.

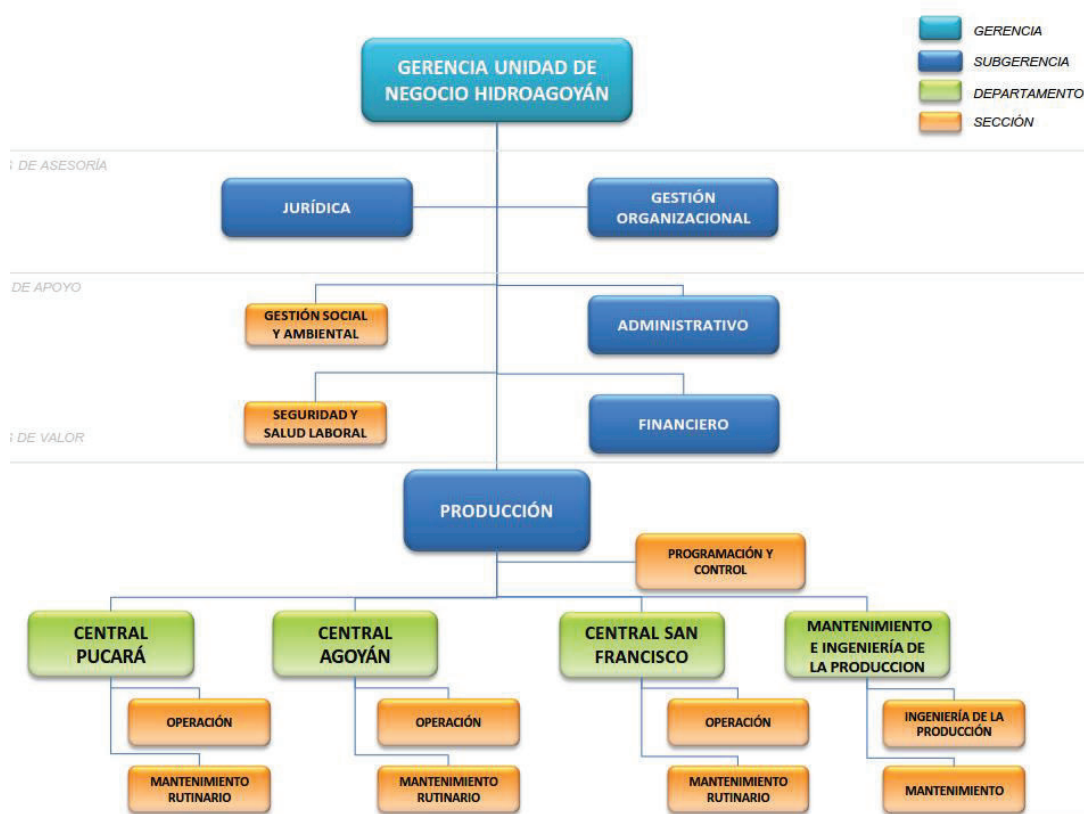


Figura 18. Estructura organizacional de la unidad de negocio Hidroagoyán
Fuente: (Elaboración propia en base plan de negocio Hidroagoyán)

La central San Francisco dentro de su estructura organizacional depende de la subgerencia de producción la jefatura de la central (departamento), integrada por las siguientes secciones:

- Mantenimiento mecánico, eléctrico-electrónico y civil

- Operación

Dentro de cada sección existen especialistas y técnicos ejecutores, según su especialidad.

Se puede observar claramente que la operación de la central, así como el mantenimiento de la misma está dentro de los procesos agregadores de valor de la Corporación Eléctrica del Ecuador, lo que hace que estos dos procesos bien administrados sean los que incrementen enormemente la eficiencia global del proceso de generación de una central Hidroeléctrica.

El Anexo X muestra el listado del personal de la central San Francisco y su puesto dentro de la central.

3.1.5. Proceso de generación.

La central San Francisco al igual que otras centrales de generación hidroeléctrica, cumplen el principio general de transformación de energía hidráulica y su proceso físico se ha descrito según los manuales entregados por el fabricante (Odebrecht, 2007).

- El almacenaje se lo realiza en una cámara de interconexión a la descarga de la central Agoyán.
- El transporte se lo realiza por túnel de conducción desde la cámara de interconexión hasta la tubería de presión, son 11,5 Km
- La transformación mecánica se la realiza en la casa de máquinas mediante 2 unidades de generación tipo Francis de 110 MW cada una.
- La transformación de voltaje se lo realiza en dos transformadores sumergidos en aceite dentro de la propia casa de máquinas.
- El control de la distribución se la realiza en una subestación eléctrica en la misma casa de máquinas a través de interruptores y seccionadores.
- La transmisión a través de torres de transmisión del pórtico de salida de cables.

La Figura 19 muestra el proceso de transformación física de energía hidroeléctrica de la central San Francisco, desde la salida de agua turbinada de la central Agoyán, atravesando el túnel de conducción de 11,5 Km de longitud, hasta la llegada a casa de máquinas a través de la tubería de presión de acero al carbono.

Se puede observar además las chimeneas de equilibrio tanto superior como inferior, así como el túnel de restitución del agua turbinada al río.

De la misma manera el túnel de conducción tiene 2 ventanas que sirven para la inspección del túnel cuando en él se realiza un vaciado por mantenimiento. La casa de máquinas se encuentra en una caverna bajo tierra.

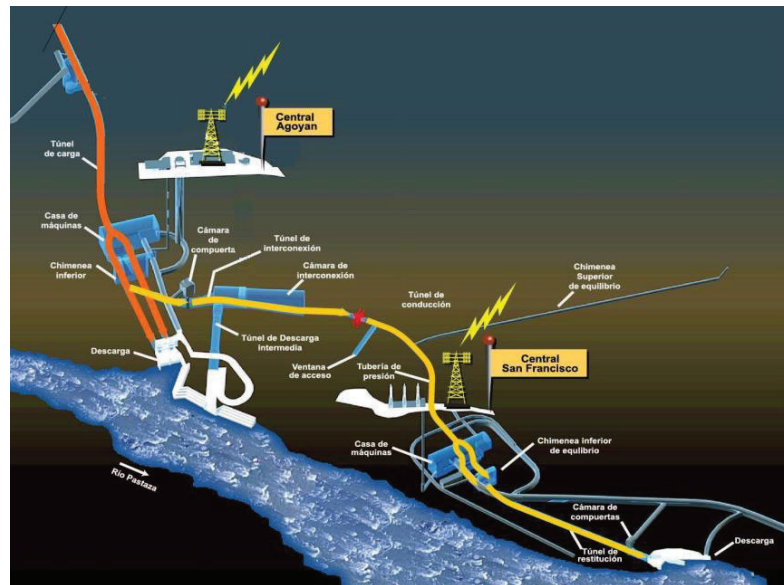


Figura 19. Proceso de generación de la central hidroeléctrica San Francisco esquematizado

Fuente: (Pagina Web CELEC EP, Unidad de Negocio Hidroagoyán)

La Figura 20 muestra el mapa de procesos de la Corporación Eléctrica del Ecuador, donde se evidencia que los procesos agregadores de valor son operar y realizar mantenimiento dentro de las centrales de generación.

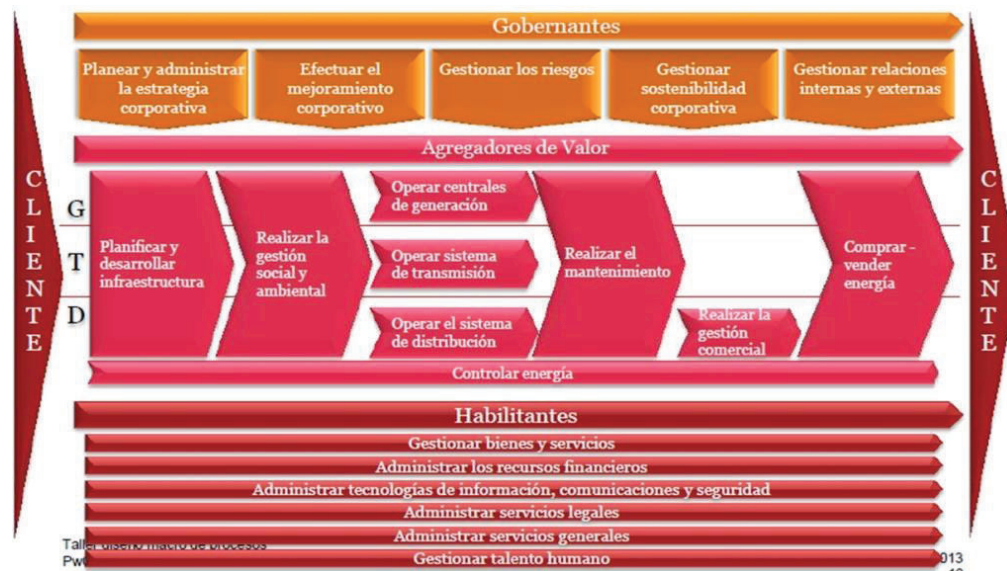


Figura 20. Mapa de procesos de la Corporación Eléctrica del Ecuador

Fuente: (Plan de Negocio, Unidad de Negocio Hidroagoyán)

Y como procesos habilitantes se tiene la gestión de bienes y servicios, donde se encuentran el manejo de adquisiciones y bodegas y la gestión del talento humano.

3.1.6. Componentes de la Central

Para la realización del presente trabajo se analizó la estructura de la central la misma que está formada por seis instalaciones y cada instalación está formado por sistemas como se puede ver en el Anexo IV, la instalación más grande es la de servicios auxiliares de la casa de máquinas que tiene 27 sistemas y la instalación más pequeña es la de talleres y laboratorio que apenas tiene 3.

Cada sistema posee equipos, los mismos que por cuestiones de requerimiento no han sido anotadas en esta investigación.

Cabe anotar que la codificación se mantiene con el TAG establecido por los fabricantes ya que todos los planos, equipos, lista de materiales, manuales etc., que se manejan en la central están codificados así.

3.2. Recolección de los índices de gestión operativa según el TPM (Estado técnico de los lugares).

Para la recopilación de la información se escogió los indicadores y los índices en base a lo establecido en el marco teórico, se ajustaron los indicadores sugeridos por el TPM a los indicadores establecido por la Corporación Eléctrica del Ecuador para la centrales de generación hidroeléctrica.

Para el indicador de efectivos/100 establecidos por el TPM, y que corresponden específicamente a un indicador para organizaciones fabricantes de bienes o productos, se escogió el factor de utilización. Este factor es específico de centrales de generación hidroeléctrica y muestra las horas reales de utilización sobre el valor teórico que se podría utilizar.

Se ha considerado análogo ya que el indicador de efectivos /100, da un valor que relaciona los recursos reales utilizados sobre una cantidad específica de productos fabricados adecuadamente.

En la Figura 21, se observa el cuadro resumen donde se establece el tipo de variable, el enfoque metodológico, la técnica de recolección de esta variable, escogida para esta investigación.

No.	Variable recomendada por del TPM	Variable escogida en la Hidroeléctrica	Tipo de Variable	Enfoque Metodológico	Técnica de Recolección
1	Rendimiento Operacional	Rendimiento Operacional	Dependiente	Cuantitativa	Calculo en formula
2	Disponibilidad	Disponibilidad de Central	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
3	Eficacia	Factor de Planta	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
4	Calidad	Confiabilidad	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
5	Rendimiento MOD	Rendimiento MOD	Independiente	Cuantitativa	Calculo formula
6	Productividad	Productividad de MOD	Independiente	Cuantitativa	Calculo formula
7	No Calidad	Mantenimientos Correctivos	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
8	Tiempo de Ciclo	Tiempo promedio para reparar	Independiente	Cuantitativa	Calculo formula
9	Indisponibilidad	Indisponibilidad	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
10	Efectivos/100	Factor de Utilización	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental
11	Gamas asignadas	Gamas del MOD	Independiente	Cuantitativa	Investigación documental

Figura 21. Enfoque metodológico, técnico de investigación y variable para determinar el estado técnico de los lugares

Fuente: Elaboración Propia en base a (Sacristán, 2001)

3.2.1. Eficiencia global del proceso o rendimiento operacional (variable dependiente)

Para la realización de este trabajo y para utilizar los índices específicos en la generación hidroeléctrica se han usado:

- Disponibilidad operacional como indicador de disponibilidad
- Factor de planta como indicador de efectividad
- La confiabilidad operacional como indicador de calidad

3.2.1.1. Índice de disponibilidad

Para este índice se usó el índice de disponibilidad operacional, manejado en la central, y para su cálculo se usó la formula (16), con las siguientes consideraciones:

DO (disponibilidad operacional). Representa el porcentaje de tiempo disponible mensualmente de cada unidad de generación, considerando el total de horas al mes menos el tiempo fuera de cada unidad por paradas por mantenimientos programados, mantenimientos correctivos, mantenimiento de Agoyán y lavados del embalse.

HM (horas del mes). Las horas del mes son aquellas horas ideales de generación de la unidad, corresponden a 24 horas diarias multiplicadas por los 30 días del mes.

HFMP (horas fuera por mantenimiento preventivo). Son a aquellas horas en las cuales las unidades de generación están paradas para realizar mantenimientos preventivos establecidos al inicio del año.

Esta programación se la entrega al CENACE al inicio del año y corresponde a los mantenimientos establecidos por las áreas de mantenimiento según los manuales de mantenimiento de las Central dejado por los fabricantes, o paradas de grandes periodos de tiempo para cambios o reparaciones previamente establecidas.

HFMC (horas fuera por mantenimiento correctivo). Las horas fuera por mantenimiento correctivo, son aquellas horas que la unidad pasa parada por la realización de cualquier tipo de mantenimiento que no estaba dentro del programa anual entregado al CENACE.

HFLE (horas por lavado del embalse). Son las horas en las que las unidades tienen que parar para realizar la limpieza de los sedimentos que se depositan al fondo del embalse en la presa, el nivel máximo de sedimento es de 6 m, este valor varía según las condiciones climatológicas del sector y la turbiedad del agua del río Pastaza, generalmente las paradas son cada 2 meses y las unidades paran 24 horas.

HFMA (horas fuera por mantenimiento en Agoyán). Como se mencionó anteriormente las central Agoyán y la central San Francisco están dispuestas en serie una a continuación de la otra, una parada de la central Agoyán obliga a la parada de la central San Francisco.

La Figura 22 muestra la variación de disponibilidad en los años tomados para el análisis. El valor más bajo de disponibilidad se produjo en el año 2011 con un valor de 54.97% y el valor más alto de disponibilidad de la central se dio en el año 2013 con una disponibilidad de 91.77%.

El año 2015 presenta un valor elevado de disponibilidad, es fácilmente visible que existe una tendencia ascendente de este índice en el transcurso de los años hasta el último año analizado en el 2015.

El año 2012 se evidencia una situación especial ya que el promedio utilizado cayó por la baja en la disponibilidad de la unidad No.1 específicamente.

Los valores de disponibilidad de la unidad No.1 se presentan en barra de color azul y los datos de disponibilidad de la unidad No.2 se expresa en barra de color naranja.

Una línea de color gris atraviesa el gráfico y es la que marca los valores de disponibilidad promedio de la central en el periodo de tiempo analizado.

Los años analizados están en el eje X y el valor de la disponibilidad están en el eje Y en porcentaje.

Estos datos fueron obtenidos directamente en los informes de gestión operativa de la central San Francisco elaborados anualmente.

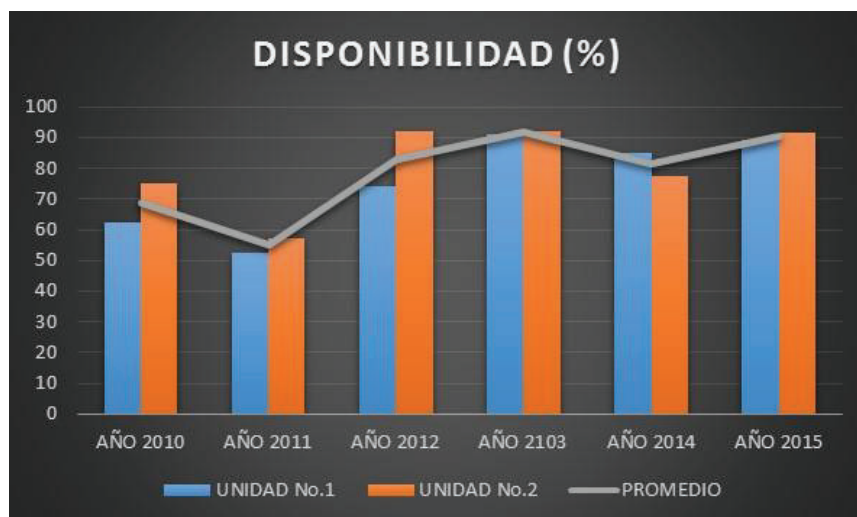


Figura 22. Disponibilidad de la central San Francisco en el período 2010-2015
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Gestión Operativa

3.2.1.2. Índice de eficacia (Factor de planta)

El índice que se escogió utilizar como índice de eficacia es el factor de planta por unidad, para el cálculo se usa la fórmula (17).

La Figura 23 muestra la variación del factor de planta en los años tomados para el análisis.

El valor más bajo de este índice se dio en el año 2011 con un valor de 48.93% y el valor más alto del factor de Planta de la central se dio en el año 2015 con un valor de 80.04%.

El factor de planta es un índice que mide la eficacia de la producción al relacionar la energía bruta real generada sobre la energía teórica que idealmente se podría generar en un intervalo de tiempo determinado.

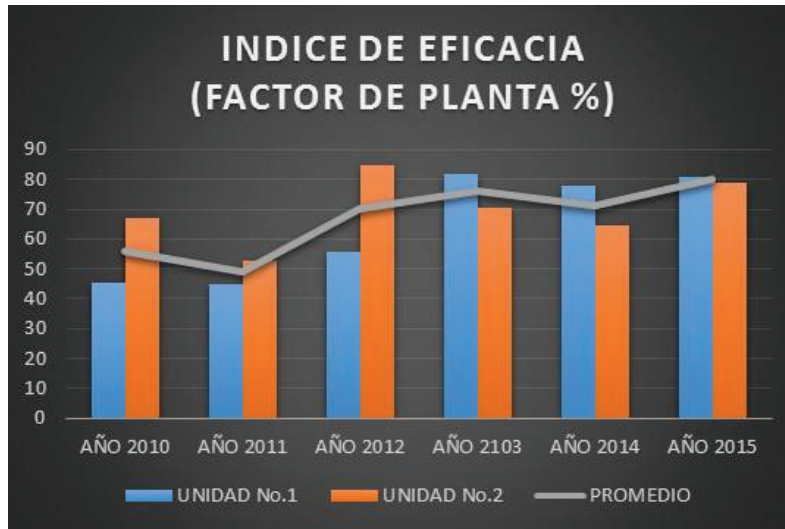


Figura 23. Factor de planta de la central San Francisco en el período 2010-2015
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Gestión Operativa

El factor de planta es el cociente entre la energía bruta o energía total generada por cada unidad dada en MW por la potencia efectiva o energía generada en unidad de tiempo en este caso la potencia efectiva esta dada en MWh/h.

3.2.1.3. Índice de calidad (Confiabilidad de la central San Francisco)

Para el índice de calidad se usó la confiabilidad de las unidades, basada en la definición dada por Heizer (2006) quien manifiesta que la calidad es una cualidad que tiene un producto o un servicio para satisfacer los requerimientos del cliente. En este sentido los órganos reguladores del sector eléctrico consideran a la confiabilidad de una central como un indicador de la calidad de gestión operativa de una central hidroeléctrica.

Este índice muestra el porcentaje de tiempo del periodo en el cual una unidad de generación es capaz de operar sin salir de servicio motivada por fallas internas.

Para su cálculo se ha usado la formula (18).

La Figura 24 muestra la variación de la confiabilidad en los años tomados para el análisis. El valor más bajo de confiabilidad se dio en el año 2012 con un valor de 91,4 % y el valor más alto se dio en el año 2011 con una confiabilidad del 99,89%.

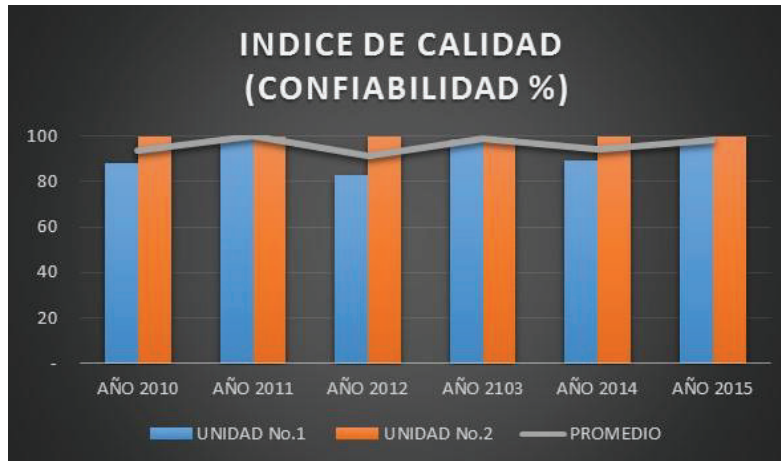


Figura 24. Confiabilidad de la central San Francisco en el período 2010-2015
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Gestión Operativa

3.2.1.4. Índice de eficiencia global del proceso

La eficiencia global del proceso fue calculada usando la formula (11) y los datos se presentan en la Figura 25, el valor de eficiencia global del proceso de generación es de 43,61% y el año 2011 y el máximo valor obtenido es de 71,67% en el año 2015. La eficiencia global recomendada por (Garcia, 2006) es de 84% para una organización con estándares de clase mundial, se evidencia un valor muy por debajo de lo recomendado.

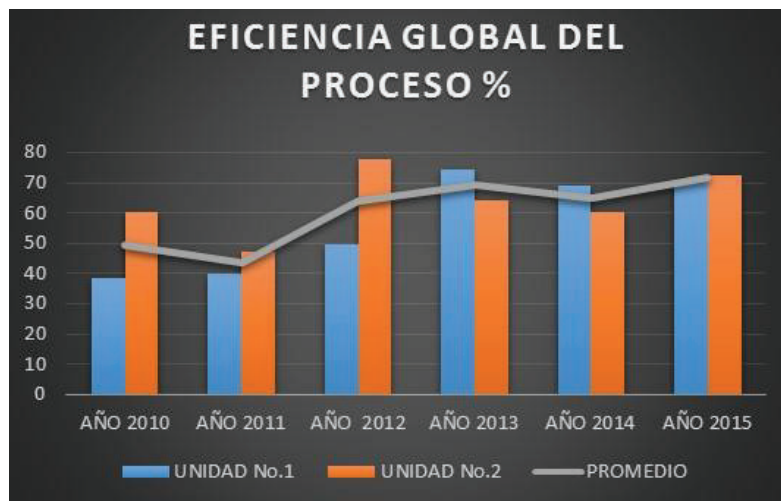


Figura 25. Eficiencia global del proceso de la central San Francisco en el período 2010-2015
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Gestión Operativa

En La Tabla 1, se han resumido los valores de los índices en los años escogidos para esta investigación. El promedio la eficiencia global del proceso en este periodo es de 60,4%.

Tabla 1. Resumen de las variables independientes central San Francisco en el Período 2010-2015

INDICES DE GESTION OPERATIVA						
AÑOS						
UNIDAD	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2103	AÑO 2014	AÑO 2015
DISPONIBILIDAD						
U1	62,49	52,65	74,06	91,22	85,00	89,46
U2	74,98	57,28	92,12	92,31	77,69	91,51
CENTRAL	68,74	54,97	83,09	91,77	81,35	90,49
INDICE DE EFICACIA (FACTOR DE PLANTA)						
U1	45,23	44,85	55,84	81,74	77,92	80,96
U2	67,23	53	84,7	70,48	64,72	79,11
CENTRAL	56,23	48,93	70,27	76,11	71,32	80,04
INDICE DE CALIDAD (INDICE DE CONFIABILIDAD)						
U1	88,11	99,81	83,17	98,85	89,17	97,11
U2	99,79	99,97	99,63	99,01	99,77	99,73
CENTRAL	93,95	99,89	91,40	98,93	94,47	98,42
EFICIENCIA GLOBAL DEL PROCESO						
AÑOS						
	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015
U1	38,41	39,98	49,70	74,39	69,08	71,09
U2	60,52	47,24	78,02	63,95	60,33	72,24
CENTRAL	49,47	43,61	63,86	69,17	64,71	71,67

3.2.2. Parámetros objetivos del mantenimiento Productivo Total (variables independientes).

Los parámetros que fueron considerados por esta investigación como variables independientes y que el TPM considera influyentes para la eficiencia global del proceso son:

- Rendimiento de la mano de obra
- Productividad del proceso
- Tasa de no calidad
- Tiempo de ciclo
- Indisponibilidad
- Efectivos/100 (Recurso usado para fabricar adecuadamente 100 productos)
- Tiempo gamas asignadas al proceso.

En la siguiente sección se analizará una a una las variables independientes relacionándolas con los indicadores propios de una central hidroeléctrica, actividad que permitirá verificar si es adaptable el TPM a la realidad de la central San Francisco como organización cuyo producto final es el servicio de generación hidroeléctrica, en ese sentido algunos indicadores tuvieron que ser adecuadamente escogidos ya que son específicos de centrales de generación hidroeléctrica. La adaptación de indicadores fue realizado basado en la teoría establecida en el marco teórico donde se definen uno a uno tanto indicadores del TPM así como indicadores manejados en las centrales hidroeléctricas.

3.2.2.1. Rendimiento de la mano de obra

El rendimiento de la mano de obra fue obtenido del informe anual de operación y mantenimiento de la central San Francisco, en la sección correspondiente a informe de programación y control y corresponde al porcentaje de órdenes de trabajo ejecutadas comparadas con las emitidas.

Este indicador fue tomado directamente de los valores presentados en este informe, los valores fueron tomados mes a mes luego se sacó el promedio para el año correspondiente.

La Figura 26 muestra en porcentaje el valor del rendimiento de cada uno de los años tomados para la realización de esta investigación.

El año con menor rendimiento de la mano de obra fue el 2015 y el año que presentó mayor rendimiento de la mano de obra fue el 2011, con un rendimiento del 99,36%.

En el eje X están los años considerados para el análisis y en el eje Y, el rendimiento de la mano de obra dado en porcentaje.

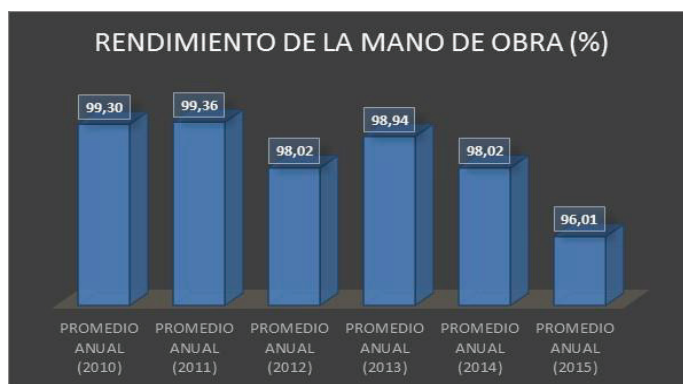


Figura 26. Rendimiento de la mano de obra de mantenimiento central San Francisco en el período 2010-2015.

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y | Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.2. Productividad del proceso

Para la productividad del proceso se seleccionó como indicador de la central San Francisco la productividad de la mano de obra fue calculada considerando la fórmula (3), de esta investigación.

Este índice es la razón de producción de energía eléctrica en MWh sobre las horas/hombre de mantenimiento utilizado en este período.

Los datos de producción anual fueron sacados del informe anual de operación y mantenimiento de la central San Francisco, en la sección correspondiente a Informe de Operación de la Central.

En cambio las horas utilizadas para el mantenimiento en ese período fueron sacadas del mismo informe pero de la sección correspondiente a programación y control, los valores fueron tomados mes a mes luego se sacó el promedio para el año correspondiente.

La Figura 27 muestra los valores de productividad de la mano de obra, en esta figura se evidencia que el valor más bajo de productividad fue la del año 2014, con 13,33 MWh por cada hora empleada en mantenimiento y operación.

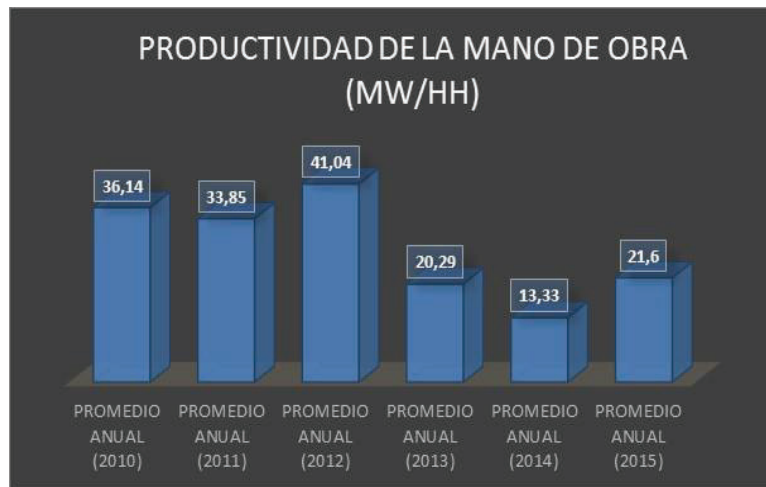


Figura 27. Productividad de la mano de obra de mantenimiento central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.3. Tasa de no calidad

Para la Tasa de no calidad se usó como indicador las horas de mantenimiento correctivos, ya que el criterio de mantenimiento es siempre que un mantenimiento correctivo es producto de una mala calidad del trabajo realizado.

Este indicador fue obtenido del informe anual de operación y mantenimiento de la central San Francisco, en la sección correspondiente a informe de operación. Fue tomado directamente de los valores presentados en este informe, los valores fueron tomados mes a mes luego se sacó el promedio para el año correspondiente.

La Figura 28 muestra los promedios de cada año y en esta figura se evidencia que el año con más horas de mantenimiento correctivo fue el año 2011, son 5787.57 horas de trabajos correctivos.



Figura 28. Mantenimientos correctivos realizados en la central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.4. Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo fue calculado a través de la fórmula establecida la para el cálculo del tiempo promedio para reparar, formula (19) de esta investigación.

Este índice es la razón de las horas de fallo y el número de fallos que se produjeron en la central en los años correspondientes, los valores fueron tomados mes a mes luego se sacó el promedio para el año.

La figura 29 muestra que el año donde el tiempo de ciclo fue mayor corresponde al año 2011 con 168 horas y el menor tiempo para reparar fue el 2013 con 0,84 horas.



Figura 29. Tiempo promedio para reparar en la central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.5. Indisponibilidad

La indisponibilidad fue obtenida del informe anual de operación y mantenimiento de la central San Francisco, en la sección correspondiente a informe operación. Este indicador fue tomado directamente de este informe, los valores fueron tomados mes a mes luego se sacó el promedio para el año correspondiente.

La Figura 30 muestra que en año de más horas indisponibles fue en el año 2011 con 7975.56 horas de indisponibilidad y el año 2015 la indisponibilidad fue baja con 36,52 horas

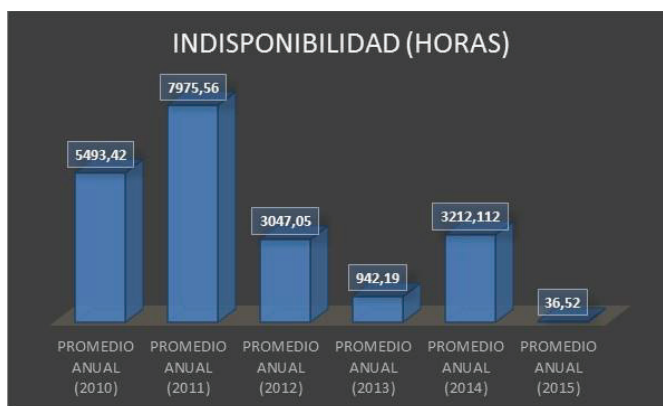


Figura 30. Indisponibilidades de las unidades de generación en la central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.6 Efectivos/100 (recursos usados por cada 100 productos adecuadamente elaborados).

Este índice es netamente para organizaciones que generan productos, para esta investigación se ha utilizado el factor de utilización que indica el porcentaje de uso de las máquinas del total de horas del periodo

Se usó la ecuación (21) para el cálculo de este índice, y el resumen se lo ha plasmado en la Figura 31.

En esta figura se puede apreciar que el 2015 se usó el 85,41% del total de horas del año siendo el año de mayor valor de este índice, el año 2010 el porcentaje de uso fue el más bajo con el 61,05%.

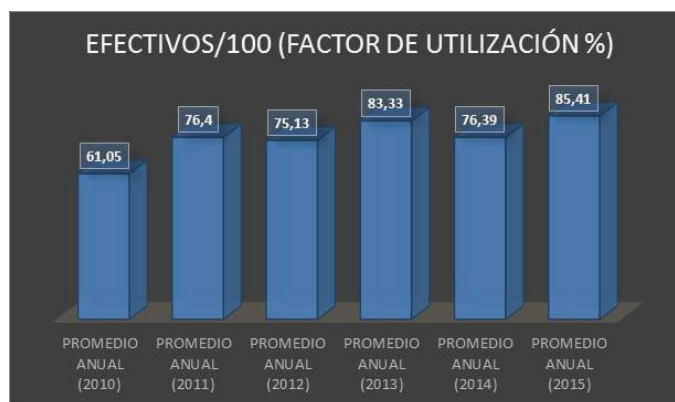


Figura 31. Factor de utilización de las unidades de generación en la central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.2.2.7. Tiempos gamas asignados al proceso.

Las Gamas de Mantenimiento fueron obtenidos del informe anual de Operación y Mantenimiento de las Central San Francisco, en la sección correspondiente a Informe de Programación y Control, corresponde a las horas/ hombre usadas en el proceso de Mantenimiento. Este indicador fue tomado directamente de los valores presentados en este informe, los valores fueron tomados mes a mes, luego se sacó el promedio para el año correspondiente.

En la Figura 32 se puede apreciar que las horas donde más se intervino en actividades de mantenimiento fue el año 2011 con 4648.79 horas de mantenimiento, el año con menos horas de mantenimiento fue el año 2010 con 2334.25 horas hombre.

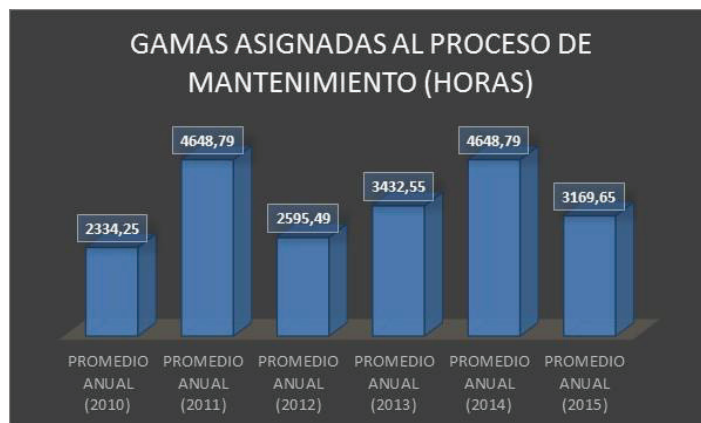


Figura 32. Gammas asignadas al proceso de mantenimiento en la central San Francisco en el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de gestión de operación y Mantenimiento de la Central San Francisco

3.3. Diagnóstico del estado organizacional de los lugares de trabajo.

Dentro del TPM es un factor determinante el análisis del estado Organizacional de los lugares de trabajo, para tener una noción sobre la incidencia de los trabajos, su organización y su relación con la Eficiencia Global del Proceso.

Para ello se usó la técnica de la encuesta como técnica de recopilación de información relevante para el análisis.

Fueron usadas 30 preguntas basadas en los disfuncionamientos percibidos en las 5 M que representan los 5 principales medios de transformación de materia prima en servicio, estas son: materiales, medios, métodos, maquinas, mano de obra.

Adicionalmente se analizaron 2 M más correspondientes al Money (Dinero) y al Management (o Gerenciamiento), estas dos últimas fueron evaluadas realizando encuestas al gerente de la Unidad y el Jefe de la Planta.

Se calculó inicialmente una muestra representativa para la realización de la encuesta pero al tratarse de un universo pequeño la muestra era igual al universo, comprobándose con esto lo expuesto por (Triola, 2009, pág. 330) quien manifiesta que cuando el Universo es pequeño la muestra siempre tiende a ser igual al Universo.

Las encuestas fueron realizadas a la totalidad del personal que labora en la Central San Francisco, cuyo personal tienen las siguientes características

- Personal con mucha experiencia en las actividades de mantenimiento y operación
- Técnicos y/o especialistas en cada área.

- Personal que ha trabajado desde la entrada a operación.
- Personal que supervisa grupos de trabajo.

La Figura 33 muestra el personal de producción a quienes se le aplicó la encuesta.

LISTADO DE PERSONAL ENCUESTADO PRODUCCIÓN		
AREA	CARGO/FUNCIÓN	NUMERO
MANTENIMIENTO MECANICO	Jefe del Area	1
	Especialista de mantenimiento	1
	Tecnico de mantenimiento	4
	Ayudante de mantenimiento	1
	Asistente tecnico de mantenimiento	1
	TOTAL AREA MECANICA	8
MANTENIMIENTO ELECTRICO Y ELECTRONICO	Jefe de Area	1
	Especialista de Mantenimiento eléctrico	1
	Especialista de mantenimiento electrónico	2
	Tecnicos electricos	3
	TOTAL AREA ELECTRICA/ELECTRONICA	7
MANTENIMIENTO CIVIL	Especialista de Mantenimiento	1
	Auxiliar de Mantenimiento	1
	Miscelaneos	5
	TOTAL AREA CIVIL	7
OPERACIÓN	Especialista de operación	2
	Operadores	8
	TOTAL AREA OPERACIÓN	10
TOTAL PERSONAL DE PRODUCCIÓN		32

Figura 33. Personal de producción encuestado

Fuente: (Elaboración propia)

La figura 34 muestra el personal de las áreas de apoyo a quienes se le aplico la encuesta.

LISTADO DE PERSONAL ENCUESTADO AREAS APOYO		
AREA	CARGO/FUNCIÓN	NUMERO
INVENTARIOS Y BODEGAS	Jefe de Inventarios	1
	Especialista de inventarios y bodega	2
	Asistente de inventarios y bodega	2
	TOTAL AREA INVENTARIOS/BODEGA	5
ADQUISICIONES	Jefe de Adquisiciones	1
	Especialista de adquisiciones	2
	Asistente de Adquisiciones	2
	TOTAL AREA ADQUISICIONES	5
TOTAL PERSONAL DE APOYO		10

Figura 34. Personal encuestado de las áreas de apoyo

Fuente: (Elaboración Propia)

Para la realización de la encuesta se tomaron las siguientes consideraciones generales:

- Las personas encuestadas fueron explicadas para que tengan una clara conciencia del objetivo de la encuesta, se notó un comprometimiento del personal.
- Antes de iniciar las encuestas cada jefe puso en conocimiento el trabajo a realizar para garantizar éxito en las entrevistas.
- Se trató de crear un ambiente de confianza para la realización de la entrevista por lo que la misma fue realizada en un lugar tranquilo dentro de su sitio de trabajo.
- Se aclaró que las encuestas no son para buscar culpables sino para buscar soluciones
- La encuesta se realizó dentro del marco de respeto, seriedad y solemnidad.
- Los resultados finales fueron procesados oportunamente.
- Las encuestas fueron realizadas en el mismos lugar según su área de trabajo
- Todas las encuestas fueron anónimas
- Las encuestas fueron realizadas en fechas que no tuvieron influencia externa como fiestas, despidos masivos, recorte de sueldos o aumento de los mismos.
- Los supervisores de las áreas no incidieron en la respuesta a cada trabajador, y en su criterio

El formato de encuesta en base a las 5 M se presenta en el Anexo VI y VII, al final de esta investigación.

Para las entrevistas se consideró al jefe de la central San Francisco y al gerente de la unidad donde se sacó información sobre las 2 M (Money) y Management, presupuesto y la gestión de la central San Francisco, el formato de esta entrevista se encuentra en el Anexo VIII.

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En esta sección se han plasmado los resultados de la investigación, los mismos que están apoyados en tablas y gráficas para mejor entendimiento.

Se han interpretado los resultados y se ha realizado una discusión de este resultado para cada caso. La metodología usada fue la presentada en la sección 1.4.1 del capítulo 1.

4.1 Cálculo de la correlación de la eficiencia global del proceso Vs la producción de energía.

Se realizó el análisis de correlación considerando en primer lugar la producción de energía eléctrica en el periodo establecido y la eficiencia global del proceso, esto con el fin de determinar inicialmente que estas dos variables tengan correlación positiva fuerte y se pueda considerar que la investigación va a tener los resultados esperados.

La Tabla 2, muestra el resumen de los valores de las variables requeridas para iniciar la correlación.

Tabla 2. Resumen de indicadores necesarios para realizar el análisis de correlación

RESUMEN DE LOS INDICADORES OBJETIVO DEL TPM Y LA EFICIENCIA GLOBAL DEL PROCESO							
PROMEDIOS ANUALES							
No.	DESCRIPCIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	RENDIMIENTO DE LA MO (%)	99,30	99,36	98,02	98,94	98,02	96,01
2	PRODUCTIVIDAD DE LA MO (%)	36,14	33,85	41,04	42	27,17	55,58
3	TASA DE NO CALIDAD (CORRECTIVOS EN HORAS)	3431	5787,57	32,36	208,92	106,3	173,75
4	TIEMPO DE CICLO(T.REPARAR EN HORAS)	129,43	164,98	1,76	0,84	8,58	4,12
5	INDISPONIBILIDAD (EN HORAS)	5493,42	7975,56	3047,05	942,19	3212,112	36,52
6	EFFECTIVOS /100 (FACTOR DE UTILIZACIÓN %)	61,05	76,4	75,13	83,33	76,39	85,41
7	GAMAS ASIGNADAS PROCESO MANTENIMIENTO	2334,25	4648,79	2595,49	3432,55	4648,79	3169,65
	EFICIENCIA GLOBAL DEL PROCESO	49,47	43,61	63,86	69,17	64,7	71,67
	PRODUCCIÓN ANUAL EN MW/H	1.043.709,25	913.516,91	1.312.353,18	1.412.843,04	1.327.848,56	1.486.647,23
	CONSUMO INTERNO	2.241,58	2.364,26	2.129,14	2.388,11	2.327,90	2.392,27
	ENERGIA TRANSMITIDA	1.031.025,51	903.234,48	1.297.747,70	1.396.268,05	1.310.702,27	1.462.625,00

4.1.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r).

La Figura 35 muestra la correlación existente entre la eficiencia global del proceso y la producción de energía claramente se puede apreciar que la mayoría de los puntos de la correlación se ajustan a la recta de tendencia de correlación.

Al verificar el valor del coeficiente de correlación r formula (1) se ve que la relación es igual a 0.99 basado en la Figura 5 se trata de una correlación positiva fuerte. Se puede decir entonces que la producción de energía en el periodo determinado varia en forma directa positiva a la mejora en la eficiencia global del proceso de generación.

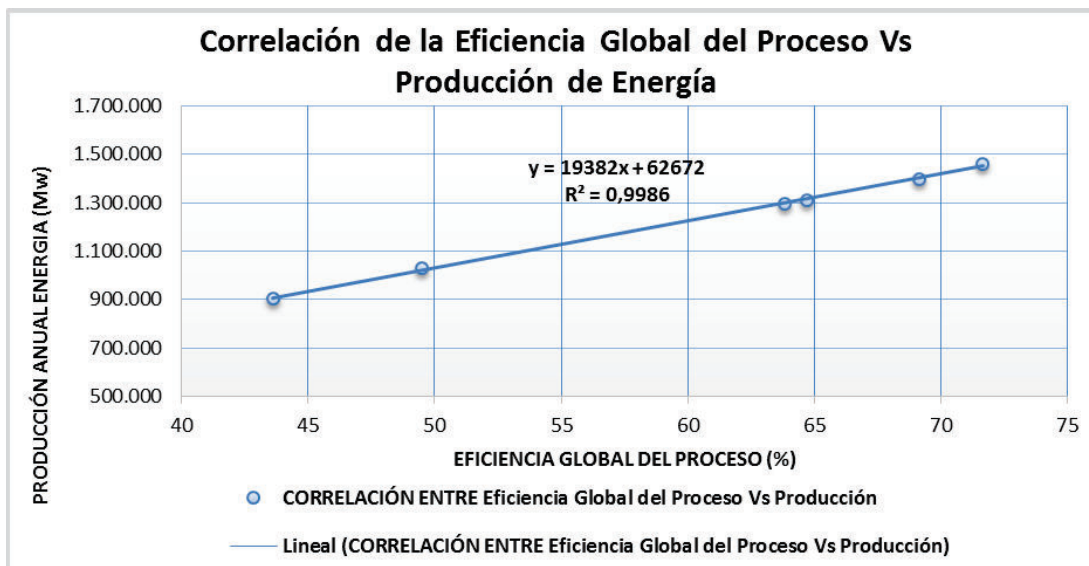


Figura 35. Curva de correlación entre eficiencia global del proceso y la producción de energía
Fuente: (Elaboración Propia)

4.1.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

Al elevar al cuadrado el coeficiente de correlación se obtiene $r^2=0.98$ o coeficiente de determinación que indica que el 98% de la variación de la producción se explica o contabiliza por la variación en la Eficiencia Global del Proceso de Mantenimiento. De la misma manera se puede deducir que la mayoría de puntos de la correlación se alinean en una tendencia sin mucha variabilidad.

4.1.3. Prueba t para el coeficiente de correlación.

Para el cálculo del valor de t fue usada la formula (2).

Considerando que:

$r = 0.99$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (2).

$r^2 = 0.98$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado

$n=6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación
 $t= 14.04$ t de Student

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n-2= 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre - 2.132 a 2.132 valor obtenido del Anexo XII.

La figura 36 muestra los valores de la regla de decisión para la presente investigación.

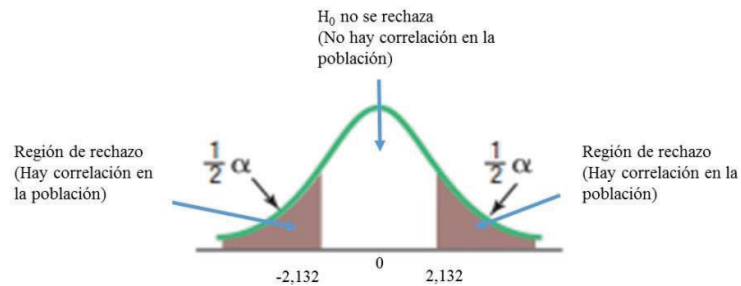


Figura 36. Regla de decisión para la prueba de hipótesis según el nivel de significancia 0,05 y $gl=4$.

Fuente: Elaboración Propia en base a (Lind, Marchal, & Wathen, 2008).

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4) y la Figura 6 se tiene:

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

En este caso el valor de t está fuera de los valores del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 se rechaza (hay correlación de la población)

Para este caso la t calculada se encuentra en la región de rechazo. Así H_0 se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población no es cero.

Desde un punto de vista práctico, esto indica que hay una correlación en la población de datos de la eficiencia Global del Proceso y la Producción de Energía de la Central San Francisco.

4.1.4. Análisis de Regresión

Una vez que se verificó que existe una correlación fuerte positiva entre la eficiencia global del proceso y la producción de energía eléctrica en la central San Francisco, procedió a encontrar la ecuación de regresión.

Se consideró la ecuación (6) para el cálculo de la ecuación lineal de la recta de regresión, con un error 0, expresada como sigue:

$$y = 62672 + 19382 x \quad (22)$$

Dónde:

$$\beta_0 = 62672$$

$$\beta_1 = 19382$$

4.1.4.1. Error Estándar de la Estimación ($S_{x,y}$)

El error estándar de la estimación se calculó usando la formula (7):

Para el caso de la medida de curva de regresión de la eficiencia global del proceso Vs producción de energía, el valor de $S_{x,y}$ es igual a 8.986.29 MW, que es una desviación relativamente baja comparada con la producción anual promedio, esto indica que la variación de ε casi no existe es decir la mayoría de puntos se ajustan a la recta de regresión, corroborando el ítem anterior.

4.1.4.2. Pronóstico de la producción para eficiencia global del proceso de 80%

Usando la ecuación (6) con un valor de eficiencia global del proceso igual a 80%, recomendado por (Garcia, 2006), y $\varepsilon = 0$, la producción de energía para este caso es 1'613.232 MW, este valor corresponde a un pronóstico puntual.

Para el caso de un pronóstico más apegado a la realidad se encontró un intervalo que considere la variabilidad del error ε .

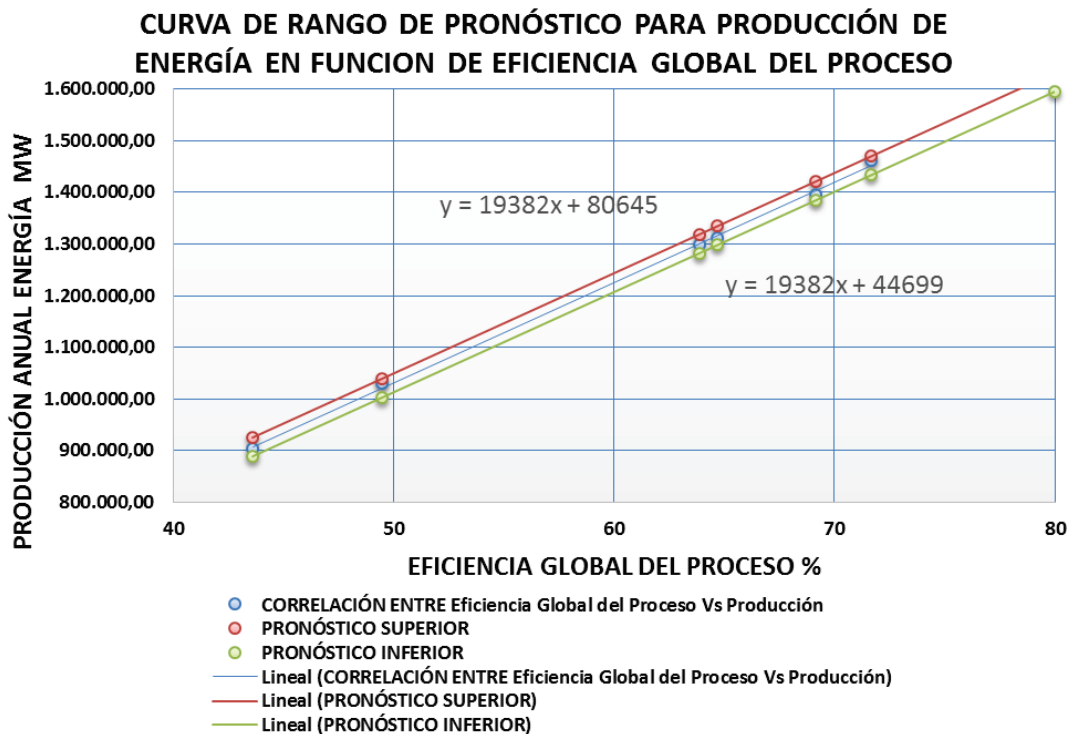


Figura 37. Rango de pronóstico para la producción de energía en función de la eficiencia global del proceso
Fuente: (Elaboración Propia)

Para un grado de confianza de 95% (valor estándar en esta investigación), se aplica la fórmula (8) para encontrar los límites del pronóstico.

Los límites superiores e inferiores se calculó con la formula (9) y (10) como sigue:

$$y_{SUPERIOR} = 62.672 + 19.382(80) + 2(8.986.29) = 1.631.204.59 Mw$$

$$y_{INFERIOR} = 62.672 + 19.382(80) - 2(8.986.29) = 1.595.259.41 Mw$$

La Figura 37 muestra gráficamente las ecuaciones del pronóstico superior e inferior considerando el error y la gráfica de la ecuación cuando el error es igual a 0, en la figura se nota claramente que al utilizar un rango, todos los puntos de la correlación caen dentro del rango lo que hace más real el pronóstico calculado.

En la Tabla 3, se puede apreciar el pronóstico superior (considerando un grado de confianza del 95%) del valor de energía que se produciría si la eficiencia global del proceso sería del 80%

Tabla 3. Ecuación superior del rango del pronóstico.

$$y_{SUPERIOR} = \beta_0 + \beta_1x + 2(Sx.y)$$

	Y	X	β_0	β_1	$Sx.y$
	1.039.472,13	49,47	62.672,00	19.382,00	8.986,29
	925.893,61	43,61	62.672,00	19.382,00	8.986,29
	1.318.379,11	63,86	62.672,00	19.382,00	8.986,29
	1.421.297,53	69,17	62.672,00	19.382,00	8.986,29
	1.334.659,99	64,7	62.672,00	19.382,00	8.986,29
	1.469.752,53	71,67	62.672,00	19.382,00	8.986,29
PRONÓSTICO	1.631.204,59	80	62.672,00	19.382,00	8.986,29

En la Tabla 4, se puede apreciar el pronóstico inferior (considerando un grado de confianza del 95%) del valor de energía que se produciría si la eficiencia global del proceso sería del 80%.

Tabla 4. Ecuación inferior del rango del pronóstico

$$y_{INFERIOR} = \beta_0 + \beta_1x - 2(Sx.y)$$

AÑOS	Y	X	β_0	β_1	$Sx.y$
2010	1.003.526,95	49,47	62.672,00	19.382,00	8.986,29
2011	889.948,43	43,61	62.672,00	19.382,00	8.986,29
2012	1.282.433,93	63,86	62.672,00	19.382,00	8.986,29
2013	1.385.352,35	69,17	62.672,00	19.382,00	8.986,29
2014	1.298.714,81	64,7	62.672,00	19.382,00	8.986,29
2015	1.433.807,35	71,67	62.672,00	19.382,00	8.986,29
PRONÓSTICO	1.595.259,41	80	62.672,00	19.382,00	8.986,29

En el periodo 2010-2015, existe una relación positiva casi perfecta entre la eficiencia global del proceso y la producción eléctrica, esto corrobora lo planteado en el marco teórico del TPM, de los datos obtenidos se nota claramente que cuando la eficiencia global del proceso se incrementa la producción de energía se comporta de la misma manera, esto se evidencia con la pendiente de la recta de regresión que es positiva.

Por cada 1% que se incrementa la eficiencia global del proceso la producción de energía se incrementa en 19.382,00 MWh

El promedio de producción de energía en los periodos del 2010 al 2015 es de 1.217.180.44 MWh, con un promedio de eficiencia global del proceso de 60.41%, si la eficiencia fuese la mínima recomendada por el TPM es decir 80%, la producción de energía sería 1.613.232,00 MWh, en términos monetarios se está dejando de percibir alrededor de 23 millones de dólares al año, los datos fueron calculados en base a la curva de regresión y el pronóstico de valor para 80% de eficiencia global del proceso, con

un costo de producción de energía de 3 centavos el KW y un costo de venta de 0.09 centavos de dólar por KW que es el costo final de la energía.

La Tabla 5 muestra el resumen del cálculo del dinero que se está dejando de percibir por los bajos índices de Eficiencia global del Proceso.

Tabla 5. Perdida de energía producida por un valor de eficiencia global de proceso más bajo que el recomendado

Promedio de producción (2010-2015)	1.217.180,44	MW
Energía pronosticada a 80% de eficiencia global del proceso	1.613.232,00	MW
Diferencia entre pronóstico y promedio	396.051,56	MW
Costo de producir 1 KW/h	0,03	USD
Costo comercial de 1 KW/h	0,09	USD
Precio de cada megavatio	60,00	USD
Diferencia en dólares entre el valor real y el recomendado por el TPM	23.763.093,40	USD

4.2. Cálculo de la correlación de los indicadores del TPM (variable independiente) Vs la eficiencia global del proceso (variable dependiente)

Para evaluar la correlación la influencia del Mantenimiento Productivo Total en la gestión operativa de la central San Francisco se realizó el análisis de correlación existente entre los objetivos del TPM en torno de la mejora de la eficiencia global del proceso de generación en cada uno de los años de estudio. Las variables fueron establecidas y se han presentado en la Figura 22.

En esta sección de la investigación se ha analizado la correlación entre:

- Rendimiento de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso de generación.
- Productividad de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso de generación.
- Horas de mantenimiento correctivo Vs eficiencia global del proceso de generación.
- Tiempo promedio para reparar Vs eficiencia global del proceso de generación.

- Horas de indisponibilidad de la central Vs eficiencia global del proceso de generación.
- Factor de utilización de la central Vs eficiencia global del proceso de generación.
- Gammas asignadas de la mano de obra directa Vs eficiencia global del proceso de generación.

4.2.1. Cálculo de la correlación del rendimiento de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso

La Figura 38 muestra la correlación entre el rendimiento de la mano de obra y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente negativa; y, puntos y algunos puntos que no se ajustan a la recta, para una mejor evaluación se sigue el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

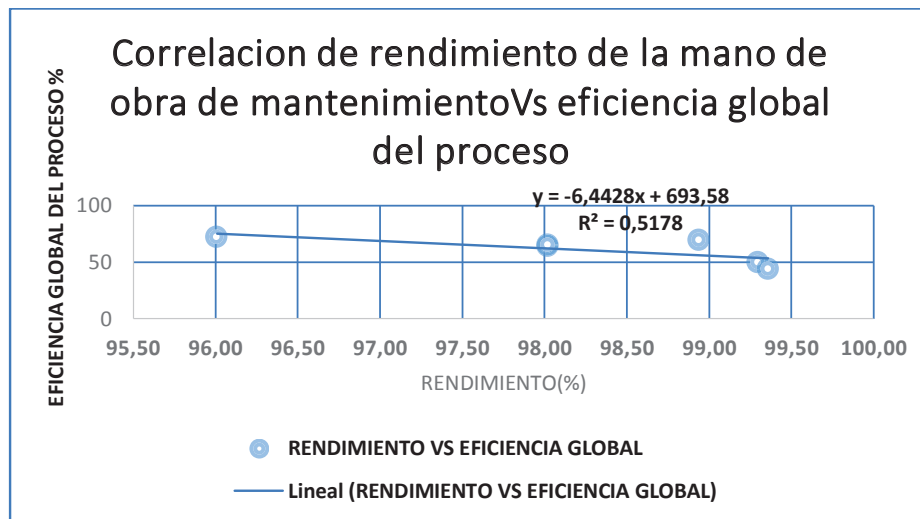


Figura 38. Curva de correlación entre el rendimiento de la mano de obra y la eficiencia global del proceso
Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.1.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r)

A través de la fórmula (1), se ha calculado el coeficiente de correlación y se encuentra que $r = -0.72$.

Al verificar el valor del coeficiente de correlación r según la Figura 5 se tiene que la correlación es negativa fuerte.

Se puede decir entonces que la eficiencia global del proceso en el periodo determinado varía en forma inversa negativa al rendimiento de la mano de obra en una forma negativa fuerte

4.2.1.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

Lo anterior se corrobora con el valor $r^2=0.51$ o coeficiente de determinación que indica que el 51% de la variación de la producción se explica o contabiliza por la variación en la eficiencia global del proceso.

Es decir ambas variables están fuertemente relacionadas en sentido lineal inverso, es decir que la eficiencia global del proceso no aumenta cuando el rendimiento de la mano de obra aumenta, para nuestro caso el rendimiento de la mano de obra fue calculada a través del porcentaje de cumplimiento de las ordenes de trabajo, esto quiere decir que no necesariamente más ordenes de trabajo cumplidas mejoran la eficiencia global del proceso.

Esto se puede explicar analizando la metodología de expedición de órdenes de trabajo, en este sentido existe un programa que genera las órdenes de trabajo en forma automática mes a mes, mismas que en un gran porcentaje necesitan la parada de la central, para su ejecución.

Se considera que las ordenes emitidas y no cumplidas significan evitar la parada de las máquinas, por tanto más generación. Esto se debe a la disponibilidad del sistema nacional interconectado y la prohibición de paradas programadas por fuerza mayor. Esto a la largo es perjudicial para el mantenimiento de las unidades de generación, por lo que es recomendable analizar las ordenes de trabajo para determinar criticidades de ejecución.

4.2.1.3. Prueba t para el coeficiente de Correlación.

Se usó la fórmula 2 establecida para encontrar el valor de t.

Con los siguientes datos:

$r = -0.72$ Coeficiente de correlación
 $r^2 = 0.52$ Coeficiente de determinación
 $n = 6$ Número de años analizados

Se calculó $t = -2.07$

En la misma Figura 35 con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n - 2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre -2.132 a 2.132. Tabla del Anexo XII.

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4).

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

En este caso valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Para este caso la t calculada se encuentra en la región de no rechazo. Así H_0 no se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población es 0 a este nivel de significancia, siguiendo el procedimiento descrito en el literal 1.4.1 se procedió a calcular el nuevo valor del nivel de significancia para una prueba t de 2 colas con un valor de t de -2.07 se estableció un nuevo nivel de significancia de 0,20, es decir 20% de probabilidad de cometer un error en aceptar que en la muestra hay una correlación igual a 0.

4.2.2. Correlación de la productividad de la mano de obra Vs eficiencia global del proceso

La Figura 39 muestra la correlación entre la productividad de la mano de obra y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente positiva y puntos y algunos puntos que no se ajustan a la recta. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

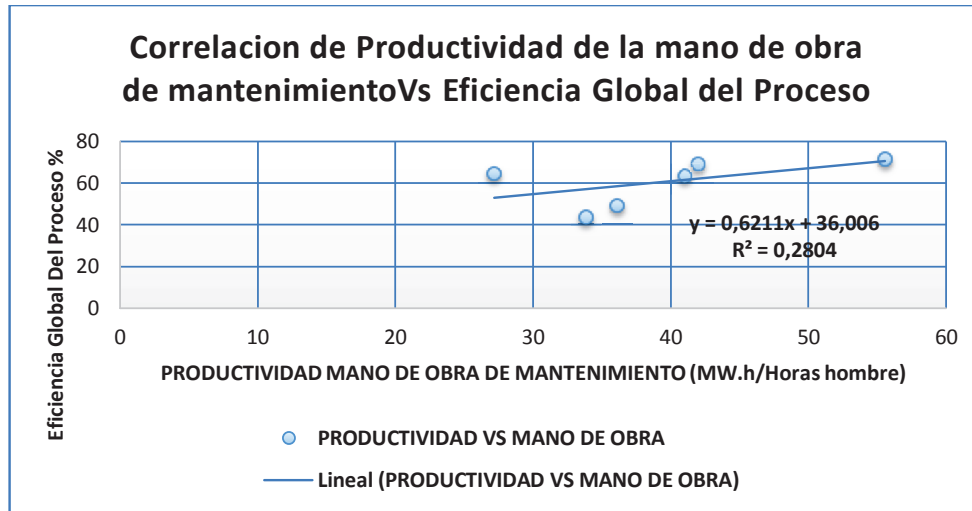


Figura 39. Curva de correlación entre la productividad de la mano de obra y la eficiencia global del proceso
 Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.2.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r)

Al verificar el valor del coeficiente de correlación r a través de la ecuación 1, se determina $r = 0,53$, según la Figura 5 se trata de una correlación positiva moderada.

Se puede decir entonces que la Eficiencia Global del Proceso en el periodo determinado varía en forma positiva a la variación positiva de la productividad de la mano de obra.

4.2.2.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

A esta información se suma el valor $r^2=0.28$ o coeficiente de determinación que indica que el 28% de la variación de la eficiencia global del proceso se explica o contabiliza por la variación de la producción de la mano de obra, en forma positiva.

Es decir ambas variables están moderadamente relacionadas en sentido positivo, la eficiencia global del proceso aumenta moderadamente cuando la productividad de la mano de obra aumenta, para este caso la productividad de la mano de obra fue calculada a través de la razón entre la producción de energía en MW y las horas invertidas en mantenimiento.

Al considerar que el valor de $r^2 = 0,28$

4.2.2.3. Prueba (t) para el coeficiente de Correlación

Se utilizó la fórmula (2) para encontrar el valor de t.

Con los siguientes valores:

$r = 0.53$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2 = 0.28$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado.

$n = 6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se calculó $t = 1.25$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n - 2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre -2.132 a 2.132.

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4):

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

Como se ve en la Figura 36, valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Para este caso el t calculado 1.25, se encuentra en la región de no rechazo. Así, H_0 no se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población es 0, para este nivel de significancia, por tanto se procede a calcular el nuevo nivel de significancia en la tabla del Anexo XII.

Se obtiene que un nuevo valor de significancia para este t no existe, por lo tanto definitivamente se da por sentado la población tiene correlación 0. No existe una correlación entre la productividad de la mano de obra y la eficiencia global del proceso de generación hidroeléctrica.

4.2.3. Cálculo de la correlación de la tasa de no calidad Vs eficiencia global del proceso

La Figura 40 muestra la correlación entre las horas de mantenimiento correctivo y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente negativa y algunos puntos que no se ajustan a la recta. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

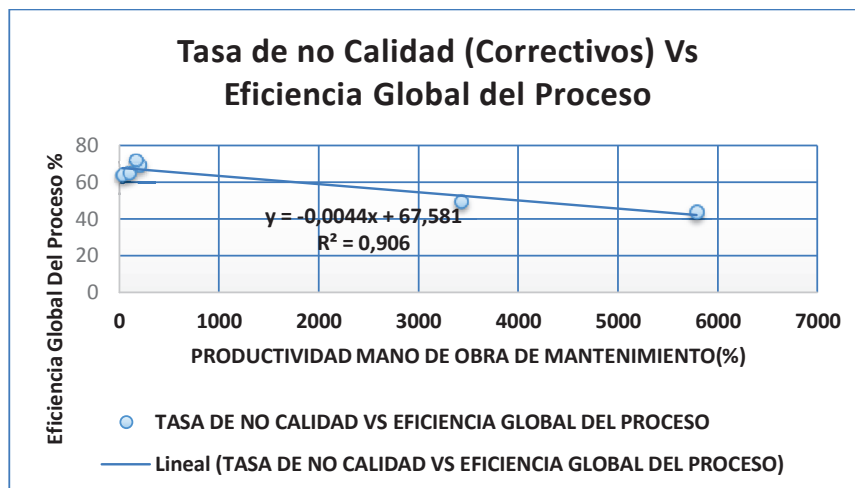


Figura 40. Curva de correlación entre no calidad y la eficiencia global del proceso
Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.3.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r).

Usando la ecuación (1) se obtiene un valor de $t = -0.95$, lo que da como resultado en base a la Figura 5 que esta correlación es negativa fuerte.

Se puede decir entonces que los mantenimientos correctivos influyen fuertemente y en forma negativa con la eficiencia global del proceso en el periodo determinado.

4.2.3.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

A esta información se suma el valor $r^2 = 0.90$ o coeficiente de determinación que indica que el 90% de la variación de la eficiencia global del proceso se explica o contabiliza por la variación de las horas de mantenimientos correctivos, en forma negativa.

Es decir ambas variables están fuertemente relacionadas en sentido lineal inverso, la eficiencia global del proceso disminuye fuertemente cuando los mantenimientos correctivos aumentan.

4.2.3.3. Prueba (t) para el coeficiente de correlación

Se ha usado la fórmula (2) para encontrar el valor de t .

Con los siguientes datos:

$r = -0.95$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2=0.90$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado
 $n=6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se obtuvo un $t = -6.8$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n-2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre -2.132 a 2.132,

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4).

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

En la Figura 36 valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Valores fuera del intervalo -2.132 a 2.132, es la región de rechazo.

Para este caso la t de prueba de -6.8 se encuentra en la región de rechazo. Así H_0 se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población no es cero.

Desde un punto de vista práctico, esto indica que hay una correlación entre la eficiencia global del proceso y la tasa de no calidad, expresada para esta investigación a través de los mantenimientos correctivos.

4.2.4. Cálculo de la correlación del tiempo de ciclo Vs eficiencia global del proceso

La Figura 41 muestra la correlación entre el tiempo de ciclo en el proceso de mantenimiento y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente negativa y algunos puntos que no se ajustan a la recta. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico de la sección 1.4.1.

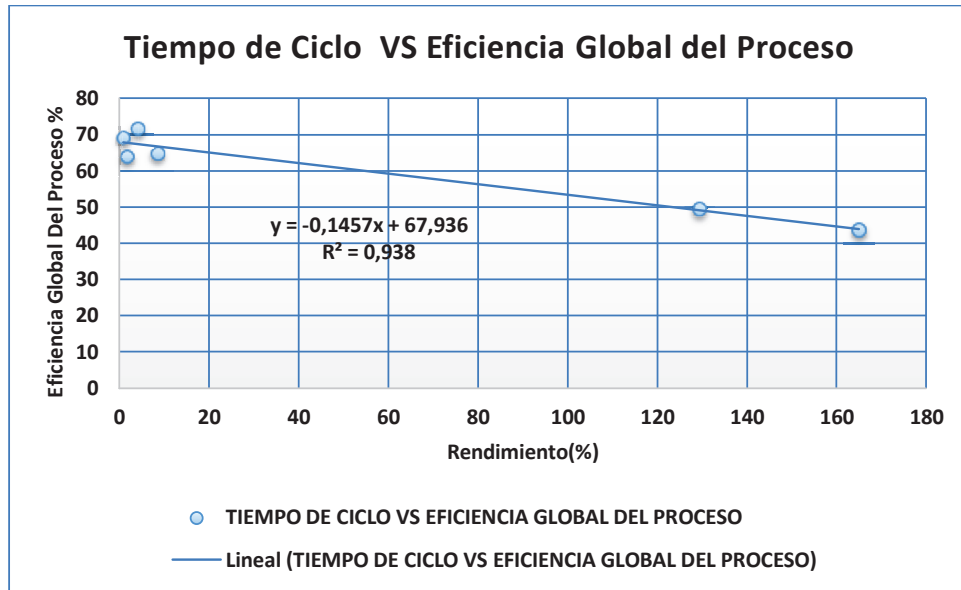


Figura 41. Curva de correlación entre tiempo de ciclo y la eficiencia global del proceso

Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.4.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r).

Al verificar el valor del coeficiente de correlación $r = -0.97$ se ve que la relación es casi igual a -1 es decir existe una correlación negativa fuerte.

Se puede decir entonces que la eficiencia global del proceso en el periodo determinado varía en forma inversa al tiempo medio para reparar ($TPPR$) de la central San Francisco.

4.2.4.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

Esta información se corrobora con el valor $r^2=0.94$ o coeficiente de determinación que indica que el 94% de la variación de la eficiencia global del proceso se explica o contabiliza por la variación del tiempo promedio para reparar, mientras el tiempo promedio para reparar baja la eficiencia global del proceso se incrementa.

El tiempo medio para reparar es directamente proporcional a las horas de fallo e inversamente proporcional al número de fallos es decir para disminuir el tiempo promedio para reparar es necesario disminuir las horas de falla lo que ocasionaría que la eficiencia global del proceso se incremente.

4.2.4.3. Prueba t para el coeficiente de Correlación.

Se utilizó la fórmula (2) establecida en la sección 1.4.1 para encontrar el valor de t .

Con los datos siguientes:

$r = -0.97$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2 = 0.94$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado

$n = 6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se obtiene el valor de $t = -7.78$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n-2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre - 2.132 a 2.132.

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4).

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

Usando la figura 36 se tiene que en este caso valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132.

H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Valores fuera del intervalo -2.132 a 2.132, es la región de rechazo.

Para la t de prueba igual a -7.78 calculada se encuentra en la región de rechazo. Así, H_0 se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población no es cero.

Desde un punto de vista práctico, esto indica que hay una correlación entre la eficiencia global del proceso y el tiempo medio para reparar .

4.2.5. Cálculo de la correlación de la indisponibilidad Vs eficiencia global del proceso

La Figura 42 muestra la correlación entre las horas de indisponibilidad de la central y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente negativa y que la mayoría de puntos se ajusta a la recta de correlación. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

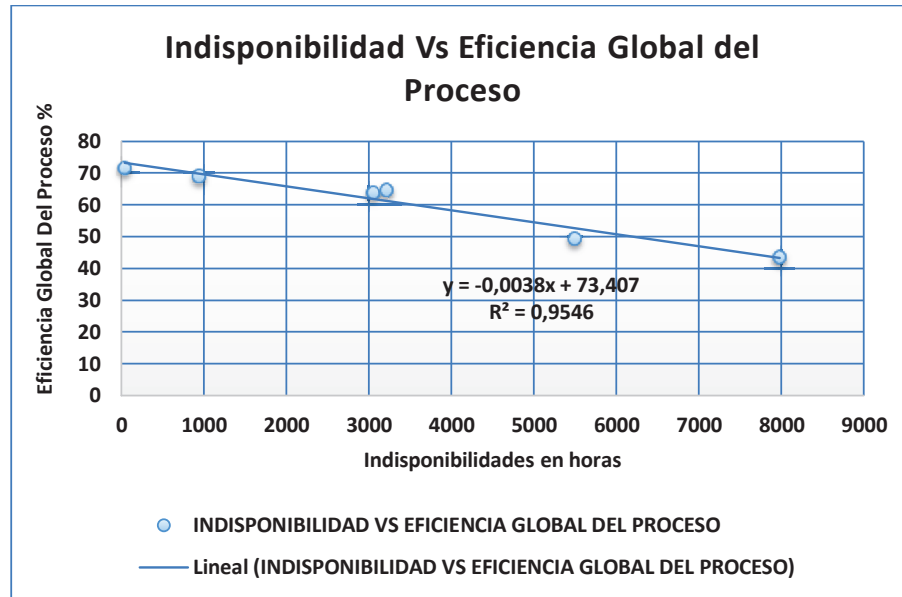


Figura 42. Curva de correlación entre indisponibilidad y la eficiencia global del proceso
Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.5.1. Cálculo del coeficiente de Correlación (r).

Al verificar el valor del coeficiente de correlación $r = -0.97$ y en base a la Figura 5 existe una correlación negativa fuerte entre la eficiencia global del proceso y las horas de indisponibilidad de la central.

Se puede decir entonces que la eficiencia global del proceso en el periodo determinado varía en forma inversa al índice de Indisponibilidad.

Menos horas de indisponibilidad mayor eficiencia global del proceso.

4.2.5.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

Esta información se corrobora con el valor $r^2=0.95$ o coeficiente de determinación que indica que el 95% de la variación de la eficiencia global del proceso se explica o contabiliza por la variación de las horas de indisponibilidad, en forma inversa.

Es decir ambas variables está fuertemente relacionadas en sentido inverso, la eficiencia global del proceso aumenta cuando la indisponibilidad disminuye, para nuestro caso la indisponibilidad es directamente proporcional a las horas fuera de servicio e inversamente proporcional a las horas totales del periodo, que son constantes, por tanto para disminuir

la indisponibilidad y aumentar la eficiencia global del proceso, es necesario disminuir las horas fuera de servicio.

Las horas fuera de servicio que se deben controlar son las horas fuera de servicio por fallas internas, como mantenimientos correctivos y emergentes, las demás no son susceptibles a controlar.

4.2.5.3. Prueba t para el coeficiente de correlación.

Se usó la fórmula (2) establecida en la sección 1.4.1 para encontrar el valor de t.

Con los siguientes datos:

$r = -0.98$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2 = 0.95$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado

$n = 6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se calculó un $t = -9.17$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n - 2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre -2.132 a 2.132.

Considerando la hipótesis nula (3) y la hipótesis alternativa (4):

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

Y en base a la Figura 36, en este caso valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Valores fuera del intervalo -2.132 a 2.132, es la región de rechazo.

Para este caso la t calculada es igual a -9.17 se encuentra en la región de rechazo. Así H_0 se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población no es cero.

Desde un punto de vista práctico, esto indica que la correlación de la población entre la eficiencia global del proceso y la indisponibilidad de la planta es diferente de cero.

4.2.6. Correlación del factor de utilización Vs eficiencia global del proceso

La Figura 43 muestra la correlación entre el factor de utilización de la central San Francisco y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente positiva y puntos que no se ajustan a la recta de correlación. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

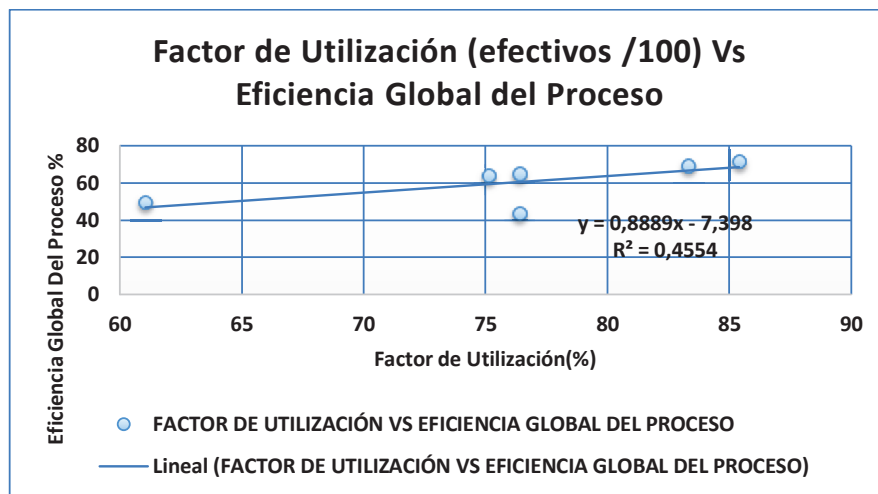


Figura 43. Curva de correlación entre el factor de utilización y la eficiencia global del proceso

Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.6.1. Cálculo del coeficiente de correlación (r).

Al verificar el valor del coeficiente de correlación r igual a 0.67 y en base a la Figura 5 se ve que la correlación entre la eficiencia global del proceso y el factor de utilización es una correlación positiva moderada.

Se puede decir entonces que la eficiencia global del proceso en el periodo determinado varía en forma directa positiva al factor de utilización en forma positiva moderada, es decir el incremento del factor de utilización incrementa moderadamente la eficiencia global del proceso.

4.2.6.2. Cálculo del coeficiente de determinación (r^2)

El valor $r^2=0.45$ o coeficiente de determinación indica que el 45% de la variación de la eficiencia global del proceso se explica o contabiliza por la variación en el factor de utilización.

Es decir ambas variables están moderadamente relacionadas en sentido lineal directo, es decir que la eficiencia global del proceso aumenta cuando el factor de utilización

aumenta, para nuestro caso el factor de utilización fue calculado a través de la razón entre las horas de sincronismo de cada máquina al mes y las horas totales del periodo. Esto significa que para mejorar el factor de utilización se debe aumentar las horas de sincronismo de las máquinas con el sistema nacional interconectado.

4.2.6.3. Prueba t para el coeficiente de Correlación.

Se usó la fórmula (2) establecida en la sección 1.4.1 para encontrar el valor de t.

Con los siguientes datos:

$r = 0.67$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2 = 0.46$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado

$n = 6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se calculó $t = 1.83$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n - 2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre -2.132 a 2.132.

Considerando la hipótesis nula (3) y la hipótesis alternativa (4).

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

Basados en la Figura 36 en este caso valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

Para este caso la $t = 1.83$ calculada se encuentra en la región de no rechazo. Así H_0 no se rechaza con un nivel de confianza de 0.05. Esto significa que la correlación en la población es 0.

En vista de lo anterior se procede a encontrar el nuevo nivel de significación para poder aceptar la hipótesis nula

En la tabla del Anexo XII y con un $gl = 4$ y un valor de t de prueba igual a 1.83 se tiene que el nuevo valor de nivel de significancia es de 0.20, es decir un 20% de probabilidad de que la población tenga correlación igual a 0, a diferencia del 5% que se ha estado manejando.

4.2.7. Cálculo de la correlación de las gamas asignadas al proceso Vs eficiencia global del proceso

La Figura 44 muestra la correlación entre las gamas de mantenimiento de la central San Francisco y la eficiencia global del proceso.

Se puede apreciar una curva con pendiente negativa y la mayoría de puntos que no se ajusta a la recta de correlación. Para una mejor evaluación de esta correlación se seguirá el procedimiento estadístico descrito en la sección 1.4.1.

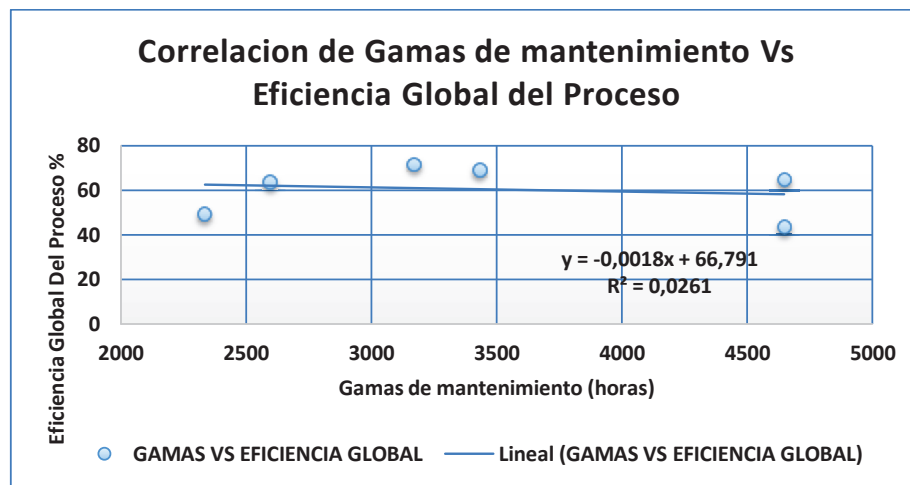


Figura 44. Curva de correlación entre gamas de mantenimiento y la eficiencia global del proceso
Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.7.1. Cálculo del coeficiente de Correlación (r).

Al verificar el valor del coeficiente de correlación $r = -0.16$, se ve que la relación es casi igual a 0 es decir, y en base a la Figura 5 se establece que la correlación es negativa débil.

4.2.7.2. Cálculo del Coeficiente de determinación (r^2)

Esta información se corrobora con el valor $r^2=0.03$ o coeficiente de determinación que indica que el 3% de la variación de la eficiencia Global del proceso se explica o contabiliza por la variación en los tiempos gamas asignadas al proceso de mantenimiento. Es decir ambas variables están relacionadas débilmente en sentido lineal inverso.

4.2.7.3. Prueba t para el coeficiente de correlación.

Se utiliza la fórmula (2) establecida en la sección 1.4.1 para encontrar el valor de t.

Con los datos siguientes:

$r = 0.67$ Coeficiente de correlación calculada en Excel en base a la fórmula (1).

$r^2 = 0.46$ Coeficiente de correlación elevada al cuadrado

$n = 6$ Número de años considerada para realización del trabajo de investigación

Se calculó $t = 1.83$

Con un nivel de significancia de 0,05 para prueba de dos colas, con un $gl = n-2 = 4$, la regla de decisión en este caso indica que si el valor calculado de t se encuentra entre - 2.132 a 2.132.

Considerando la Hipótesis Nula (3) y la hipótesis alternativa (4).

$H_0: \rho = 0$ (La correlación de la población es cero)

$H_1: \rho \neq 0$ (La correlación en la población es diferente de cero)

En base a la Figura 36 se puede decir que este caso valores dentro del intervalo -2.132 a 2.132. H_0 no se rechaza (no hay correlación de la población)

La t calculada se encuentra en la región de no rechazo. Así, H_0 no se rechaza con un nivel de significancia de 0.05.

Se procede a encontrar otro valor de nivel de significancia para poder rechazar la hipótesis nula.

En la tabla del Apéndice XII, con un grado de libertad de 4 y con el valor de t de prueba de 1.83, el nuevo nivel de significancia para rechazar la hipótesis nula es 0.02, es decir un 20% de probabilidad de rechazar erróneamente que la población tiene una correlación igual a 0. A diferencia del 5% que se ha manejado en esta investigación.

4.3. Resultados obtenidos

La Tabla 6 muestra en resumen los valores obtenidos luego de procesar los datos de índices técnicos de la central San Francisco en el periodo de estudio, la eficiencia global del proceso de generación esta 34,48% más bajo que lo recomendado por el TPM.

Tabla 6. Resumen de la diferencia entre la eficiencia global del proceso recomendada por el TPM y la de la central San Francisco en el período 2010-2015

INDICADOR	PERÍODO 2010-2015 (%)	RECOMENDACIÓN TPM (%)	DIFERENCIA (%)
Disponibilidad	78,40	90	-11,6
Rendimiento	67,15	95	-27,85
Calidad	96,17	99	-2,83
Eficiencia Global del Proceso	50,16	84,64	-34,48

La Figura 45 muestra en resumen el resultado de las correlaciones entre las variables recomendadas por el TPM y la eficiencia global de la central San Francisco en el período 2010-2015.

CORRELACIÓN	PERÍODO 2010-2015	DECLARACIÓN DEL TPM	OBSERVACIÓN
Eficiencia global del proceso y la producción de energía.	Correlación positiva fuerte	Correlación positiva fuerte	SE CUMPLE
Rendimiento MOD Vs eficiencia global	Correlación negativa fuerte	Correlación positiva fuerte	NO CUMPLE
Productividad Vs eficiencia global	No hay correlación	Correlación positiva fuerte	NO EXISTE CORRELACION
No Calidad (mantenimientos correctivos) Vs eficiencia global	Correlación negativa fuerte	Correlación negativa fuerte	SE CUMPLE
Tiempo de ciclo (tiempo promedio para reparar) Vs eficiencia global	Correlación negativa fuerte	Correlación negativa fuerte	SE CUMPLE
Indisponibilidad Vs eficiencia global	Correlación negativa fuerte	Correlación negativa fuerte	SE CUMPLE
Efectivos/100 (factor de utilización) Vs eficiencia global	Correlación positiva moderada	Correlación positiva fuerte	CUMPLE PARCIALMENTE
Gamas asignadas Vs eficiencia global	Correlación negativa débil	Correlación negativa fuerte	CUMPLE PARCIALMENTE

Figura 45. Resumen de las correlaciones de las variables del TPM y la eficiencia global del proceso en la central San Francisco en el periodo 2010-2015.

Fuente: (Elaboración Propia)

4.4. Estado Organizacional de los lugares

4.4.1. Resultado de las encuestas

Para la evaluación del estado organizacional de los lugares de trabajo se utilizó el método de encuestas cuyo modelo se encuentra en el Anexo VII.

Esta encuesta consta de 30 preguntas distribuidas de tal manera de evaluar los disfuncionamientos percibidos en las 5 M del proceso:

- M =Maquinas (Equipos de Producción)
- M= Medios Internos (Medios o equipos de medida)
- M= Mano de Obra (Hombres y Organización)
- M= Materiales a procesar/ Transformar (Repuestos y Materiales)
- M= Métodos, consignación e instrucciones para el desarrollo correcto del proceso.(Procedimientos)
- M= Medios Externos (Adquisiciones y bodegas)

Dos ítems se relacionan con preguntas para evaluar dos de las bases del TPM, las 5S y el mantenimiento autónomo por operadores.

La encuesta se la aplicó a 32 trabajadores de diferentes áreas de la central San Francisco según Figura 33.

Luego de la aplicación de las encuestas se procesó los resultados cuyo detalle se encuentra en el Anexo XII, de este anexo se desprenden los siguientes resultados:

4.4.1.1. Disfuncionamientos percibidos en las Máquinas

- No todos los procedimientos de operación y mantenimiento de las máquinas y equipos críticos han sido redactados.
- Los medios de alerta de disfuncionamientos de las máquinas están instalados pero no en todas las máquinas.
- No todos los recursos, para la operación y mantenimiento de la Central son suficientes

- No todos los lugares para realizar actividades de operación y mantenimiento son de fácil acceso.
- Todos los lugares de trabajo son ergonómicamente adecuados.

4.4.1.2. Disfuncionamientos de los equipos y sistemas de control. (Medios internos)

- No todos los sistemas de control son los adecuados.
- No todos los tiempos de ciclo son validados y bien analizados
- No todas las fallas o paradas son adecuadamente analizadas
- No todos los cometarios de intervenciones y reparaciones importantes son realizados en las órdenes de trabajo.
- No todos los indicadores de disfuncionamiento son comprendidos y se sabe cómo actuar.

4.4.1.3. Disfuncionamientos encontrados en la organización y la producción (Mano de Obra)

- Insuficiente comunicación con clientes internos y externos.
- Falta participación en las reuniones de personal clave.
- No está clara la política y objetivos de la empresa
- No están claros las metas empresariales.
- Falta rapidez de respuesta en la gestión de problemas técnicos
- Motivación alta debido a la remuneración y a la jerarquización.

4.4.1.4. Disfuncionamientos en el mantenimiento preventivo y auto mantenimiento. (TPM)

- No existen procedimientos de mantenimiento preventivo.
- Faltan procedimientos de mantenimiento autónomo o auto mantenimiento.
- No todos los tiempos asignados al mantenimiento son adecuados.
- Existen muchos imprevistos en fines de semana.

4.4.1.5. Disfuncionamientos en las 5S del Mantenimiento (TPM)

- No existe una clasificación adecuada de las cosas que sirven y las que no.
- No existe organización de las cosas, tampoco están organizadas.
- No todas las áreas de trabajo están limpias.
- No existe estandarización de trabajos de clasificación y organización en las ordenes de trabajo
- Todas las disposiciones en cuanto a limpieza se cumplen siempre y cuando estén registradas en las órdenes de trabajo.

4.4.1.6. Disfuncionamientos en los servicios de apoyo del mantenimiento y operación

Punto de vista de la producción hacia los servicios de apoyo.

- El tiempo de respuesta de las adquisiciones y bodegas no es el adecuado.
- No siempre existen repuestos para mantenimiento
- No existe comunicación para conocer los requerimientos de producción por parte de bodegas y adquisiciones.
- No existe la participación de los servicios de apoyo (adquisiciones y bodegas) en trabajos fuera del horario normal.
- Poca participación en el mantenimiento de personal de bodega y adquisiciones.

Punto de vista de los servicios de apoyo hacia la producción.

Se realizaron 5 preguntas en una encuesta dirigida a 10 personas de adquisiciones e inventarios, para evaluar el punto vista de estas áreas respecto a producción, el detalle del personal encuestado se puede ver en la figura 34.

El modelo de esta encuesta esta presentado en el Anexo VIII y su análisis al final del Anexo XI.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- No todas las normas y procedimientos de adquisiciones y bodegas son cumplidas
- Las especificaciones técnicas para las adquisiciones y el bodegaje no son adecuadas.

- La relación producción –bodega e inventarios debe Mejorar.
- No existe una adecuada transferencia de información entre los representantes de las áreas de producción y adquisiciones y bodegas.
- La tecnología manejada por las áreas de adquisiciones y bodegas debe ser mejorada.

4.4.1.7. Discusión sobre los resultados de las encuestas.

Del análisis de los resultados se desprende que en términos generales el estado organizacional de los lugares de trabajo respecto a las 5 M deben ser mejoradas.

Mayor énfasis debe darse a las áreas de apoyo es decir adquisiciones e inventarios, buscando la participación de estas áreas en las tareas productivas.

Lo mismo ocurre con la comunicación entre las áreas de mantenimiento y producción y los procedimientos que permitan mejorar la interacción entre estas áreas.

Respecto al mantenimiento autónomo y a la aplicación de las 5S también deben ser analizadas a fondo. Se verificó en las encuestas que el personal tiene predisposición y disciplina a cumplir lo establecido en la orden de trabajo pero tareas de auto mantenimiento, de limpieza y de organización no están plasmadas como actividades en las órdenes de trabajo.

4.4.2. Resultados de las entrevistas

Las entrevistas fueron realizadas en base al formato Anexo X al final de esta investigación del cual se obtuvieron datos sobre la gestión operativa de la central San Francisco y los recursos económicos destinados a las actividades de operación y mantenimiento, la entrevista consto de 9 preguntas y se la aplicó al gerente general de la unidad de negocio y al jefe de central.

Las entrevistas fueron realizadas al Gerente de la Unidad de Negocio Hidroagoyán y al jefe de planta de la central San Francisco, los formatos de las entrevistas están en el Anexo X, al final de esta investigación.

4.4.2.1. Discusión de los resultados de las entrevistas.

- La gestión operativa de la central San Francisco se basan específicamente en el cumplimiento de 2 indicadores, Disponibilidad y Confiabilidad, que son dos de los indicadores que también maneja el TPM.
- La aplicación de cualquier modelo de gestión es de decisión de la CELEC matriz y la misma ya está implementando un modelo de manejo de activos donde está incluido el mantenimiento, sin embargo la unidad de negocios Hidroagoyán tiene la mente abierta para la aplicación de buenas prácticas de mantenimiento para mejorar los indicadores que es lo que actualmente manejan.
- Los recursos económicos para la operación y mantenimiento de la central es un rubro que asigna el Ministerio de Electricidad y energía renovable anualmente y este presupuesto consta de 2 partes, el presupuesto para gastos de operación y mantenimiento y el presupuesto para proyectos de mejora en la calidad del servicio. Cualquier proyecto para mejorar la calidad del servicio debe ser plenamente justificado y presentado un año antes para su aprobación y demostrar que es de beneficio para la unidad.

Con lo dicho anteriormente la implementación integral del Mantenimiento Productivo Total queda descartado sin embargo la aplicación de las buenas prácticas de este modelo se ajusta a los objetivos empresariales y es factible de adoptar.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El Mantenimiento Productivo Total es un modelo de gestión diseñado para empresas proveedores de bienes, sin embargo su indicador estrella, eficiencia global del proceso o rendimiento operacional, es adaptable también a empresas prestadoras de servicios como las centrales hidroeléctricas, los factores que intervienen en este índice, son la disponibilidad, la eficacia y la calidad, índices que pueden calcularse en cualquier empresa u organización.

El Mantenimiento Productivo Total, inicialmente fue creado para la gestión de mantenimiento, sin embargo como se demostró en esta investigación está fuertemente relacionada con el incremento de la producción a través de la eficiencia global del proceso y las variables objetivos del TPM: rendimiento de la mano de obra, tasa de productividad, tasa de no calidad, tiempo de ciclo, indisponibilidad, efectivos/100 o recursos usados por cada 100 productos elaborados y las gamas asignadas al proceso, por tanto se puede considerar como un modelo para el mantenimiento total de la producción en todos sus aspectos de gestión operativa.

Para el caso de estudio se consideró el índice de disponibilidad a través promedio de las disponibilidades de cada una de las unidades de generación, en la central San Francisco, son 2 unidades de tipo Francis de 115 MW de potencia instalada cada una, el valor de disponibilidad promedio del periodo 2010-2015 fue de 78.40%, valor que es 11.6% menos al recomendado por el TPM de 90%. Esta disponibilidad depende de las horas fuera de servicio por fallas internas que incluyen las horas por indisponibilidades forzada por disparos y demoras en el arranque. De la misma manera las horas por mantenimientos correctivos, las paradas emergentes son influyentes en este índice.

La eficacia fue evaluada a través del factor de planta de la central, este es el valor más bajo de los tres indicadores, su valor para el periodo 2010-2015 fue de 67.15, valor que está 27,85 veces más bajo que el recomendado por el TPM que es del 95%. Este indicador depende de la energía producida real comparada con la que se podría producir en el tiempo establecido.

La confiabilidad de la central, usada como indicador de calidad en esta investigación tuvo un promedio en el periodo 2010-2015 de 96.17, el valor más alto de todos los indicadores de eficiencia global del proceso, sin embargo fue 2.83% más bajo que el recomendado por el TPM que es del 99%, este indicador depende de las horas de mantenimiento por paradas programadas, en este sentido este indicador mejorará con la reducción de los tiempos de reparación, tiempo promedio para reparar. TPPR.

En términos generales la eficiencia global del proceso en la central San Francisco en el periodo de estudio 2010-2015, fue de 50.16%, valor que es inferior en 34,48% al recomendado por el TPM de alrededor del 80%.

Respecto a las variables que inciden en la mejora de la eficiencia global del proceso o rendimiento operacional se concluye que:

La correlación entre el rendimiento de la mano de obra vs la eficiencia global del proceso en la central San Francisco tiene una correlación negativa fuerte al contrario de lo recomendado por el TPM que declara que esta correlación debe ser positiva fuerte.

En los años donde se tuvo bajos porcentaje de cumplimiento de órdenes de trabajo la eficiencia global del proceso se incrementó, esto es lógico si se toma en cuenta que la mayoría de órdenes de trabajo generadas se cumplen con la consignación de la máquina parada, al no pararse la máquina la producción se incrementa, sin embargo esto a la larga puede ocasionar daños o paradas de máquina por fallas.

En la central San Francisco no existe correlación entre la productividad de la mano de obra y la eficiencia global del proceso de generación de energía eléctrica, esto se debe a que las horas de intervención de los trabajadores comparada con los kilovatios generados es despreciable, no importa las horas/ hombre invertidas el valor que más influye en la productividad es la energía producida.

El factor de utilización tiene una correlación positiva moderada con la eficiencia global del proceso cumpliendo parcialmente lo declarado por el TPM.

Las gamas asignadas al proceso vs la eficiencia global del proceso en la central San Francisco también cumple parcialmente lo declarado por el TPM.

Se concluye por tanto que el TPM es fácilmente aplicable al proceso de generación hidroeléctrica en todas sus áreas, y la aplicación de la filosofía de las 5 S que fue

considerado en estos tres años según la jefatura de central aparte de ser aplicable trae grandes beneficios a la mejora de la eficiencia global del proceso de mantenimiento y por tanto la producción, ya que permite tener, repuestos siempre listos ubicados en su sitio lo que ahorra tiempo y mejora el tiempo de ciclo o tiempo promedio para reparar que como se vio es uno de los factores de mayor relevancia en la eficiencia global del proceso, así que la implementación de un sistema TPM puede iniciar estableciendo esta filosofía de trabajo.

El auto mantenimiento es otro factor recomendado por el TPM y que indudablemente puede aplicarse en la central San Francisco, este factor va a influir directamente en las paradas no programadas por una detección temprana de una anomalía antes que suceda, lo que permitirá una planificación adecuada en tiempo y recurso.

El promedio de Producción de energía en los periodos del 2010 al 2015 es de 1.217.180.44 MWh, con un promedio de eficiencia global del proceso de 60.41%, si la eficiencia fuese la mínima recomendada por el TPM es decir 80%, la producción de energía sería 1.613.232,00 MWh, en términos monetarios se está dejando de percibir alrededor de 23 millones de dólares al año con la eficiencia que actualmente maneja.

Analizando la pendiente de la recta de regresión entre la producción de energía eléctrica y la eficiencia global del proceso, se concluye que por cada punto que sube el porcentaje de eficiencia global del proceso, la producción de energía se incrementa en 19.382 MWh. Lo que confirma la correlación positiva fuerte hallada en esta investigación.

La gerencia de la Unidad de Negocio Hidroagoyán tiene toda la predisposición para la implementación de las buenas prácticas de mantenimiento recomendadas por el TPM, sin embargo la implementación total de este modelo de gestión no es posible por las políticas de la CELEC matriz que ya están adoptando otro modelo de gestión a nivel nacional.

5.2. Recomendaciones

Para mejorar la disponibilidad de la central San Francisco se debe evitar las horas fuera de servicio por fallas internas que incluyen las horas por indisponibilidades forzadas por disparos y demoras en el arranque. De la misma manera hay que reducir las horas de los mantenimientos correctivos y las paradas emergentes.

Para mejorar la Eficacia de la planta representada por el factor de Planta de la central San Francisco se debe incrementar la energía producida real procurando igualarla a la que se podría producir en el tiempo establecido, para ellos es necesario tener la máquina operando el mayor tiempo posible reduciendo todo tipo de parada no necesaria siempre y cuando las condiciones fluviales así lo permitan, y no existan lavados del embalse.

La confiabilidad de la central, usada como indicador de calidad en esta investigación puede mejorarse reduciendo las horas de mantenimiento por paradas programadas, es decir se debe reducir el tiempo promedio para reparar TPPR.

Se deben fortalecer las actividades del Mantenimiento Productivo Total, específicamente con la aplicación de las 5s y el auto mantenimiento así como la ingeniería de mantenimiento con los análisis causa raíz de las anomalías para la retroalimentación respectiva y construcción de proyectos de mejora de la calidad servicio, de la misma manera la participación del personal de adquisiciones, inventarios y bodegas debe ser más estrecha al área de producción, para mejorar los servicios internos, y reducir tiempos de parada.

Para tener una buena predisposición del personal de la central en la aplicación del TPM, es recomendable que las gamas de mantenimiento sean insertadas en la orden de trabajo que se ha venido generando desde el inicio de operación de la central.

Es necesario considerar además las buenas prácticas de mantenimiento relacionadas al manejo de bodegas y adquisiciones, ya que como se pudo percibir en las encuestas realizadas, existe una no conformidad con estas áreas que son áreas de apoyo a un adecuado mantenimiento y por ende a un aumento de la productividad.

Es necesario desarrollar un procedimiento de aplicación del TPM en base los datos de este trabajo.

Los mantenimientos realizados en las unidades de generación deben considerar el estado de los equipos y deben priorizarse los equipos de mayor criticidad que en este trabajo se establecieron y que se presenta en el Anexo IV, los equipos más críticos son los que pertenecen al túnel de conducción, a los sistemas de control digital y los equipos y sistemas de las turbinas hidráulicas y generadores.

Cualquier falla en estos equipos y sistemas provocarán la parada de toda la planta, por lo que cualquier actividad que garantice su operatividad y minimice los tiempos de intervención en los mismos está plenamente justificada.

Los índices de disponibilidad, eficacia y calidad dependen fuertemente de la buena operatividad de estos sistemas críticos, y por ello es recomendable que las actividades descritas en este trabajo sean de aplicación obligatoria sobre los mismos.

Se recomienda continuar con la aplicación de la filosofía de las 5s del Mantenimiento Productivo Total en las áreas de trabajo así como implementar actividades de mantenimiento autónomo por parte de los operadores para identificar tempranamente cualquier anomalía o disfuncionamiento, principalmente de los sistemas críticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberto, G. (24 de Marzo de 2011). *Capítulo 5 Sampieri-Metodología de la Investigación*.

Obtenido de <https://sites.google.com/site/metodologiadelainvestigacionb7/capitulo-5-sampieri>

APA, E. E. (11 de Julio de 2011). *Editorial APA*. Obtenido de Identificación y Citas de Apendice:

http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwjxpbjtnLnTAhWHIpAKHQaTDr8QFghaMAk&url=http%3A%2F%2F23118.psi.uba.ar%2Facademica%2Fcarrerasdegrado%2Fpsicologia%2Finformacion_adicional%2Fpracticas_profesionales%2F689_atenpsihs

Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson Educación.

Calvo, J. (2004). *Importancia del Mantenimiento Productivo Total en la Automatización de Procesos*. Madrid: Tecnica Industrial.

Castillo, I., & Garvi, G. (2006). *Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A.

Castro, A. (1996). *Probabilidades y Estadística Básica*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

CELEC EP. (10 de 07 de 2013). *Instrucciones sobre Planificación y Gestión de la Producción*. Cuenca, Azuay, Ecuador: GERENCIA GENERAL.

- Centro de Escritura Javeriano. (01 de octubre de 2015). *Normas APA Sexta Edición*.
Obtenido de <https://www.um.es/documents/378246/2964900/Normas+APA+Sexta+Edici%C3%B3n.pdf/27f8511d-95b6-4096-8d3e-f8492f61c6dc>
- Escuela Politecnica Nacional. (Julio de 2016). Normativa No.CD-03-2016. *Proceso de graduación con la Unidad de Titulación: Evaluación del Plan, documento escrito y defensa oral del trabajo de titulación*. Quito, Pichincha, Ecuador: EPN.
- Galicia, L. F. (2001). *Introducción a la técnica de investigación en ciencias de la administración y del comportamiento*. Ciudad de Mexico: Trillas.
- Garcia, O. (2006). *El mantenimiento Productivo Total y su Aplicabilidad Industrial*. Colombia: Duitama.
- Gonzales, R. M. (20 de 11 de 2016). *Asesoría de Tesis*. Obtenido de <http://int.search.tb.ask.com/search/video.jhtml?searchfor=planteamiento+de+la+hipotesis&n=783970a1&p2=%5EBSB%5Exdm010%5ES20164%5Eec&ptb=BC1F6A16-8031-437E-B81A-42FFB052222D&qs=&si=CNeVr62xu9ICFVUEkQoduNALHg&ss=sub&st=sb&tp=sug&ts=1490641553200&ssrt=564la>
- Grupo de formación de Empresas. (AGOSTO de 1986). CENTRALES HIDROELECTRICAS. *TURBINAS HIDRAULICAS*. Sevilla, España: Formación Modular.
- Heizer, J. (2006). *Principio de Administración de Operaciones*. Pearson Educación.
- INCAE. (30 de septiembre de 2012). *haciendo pronosticos basados en una regresión lineal*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=4NQ9s_jUtHI
- INCAE Business School. (21 de 02 de 20). *Dataminingincae*. Obtenido de INCAE: https://youtu.be/4NQ9s_jUtHI?t=17
- Kunio, S. (2000). *TPM para mandos intermedios de fábrica*. (Segunda ed.). España.
- Lean Manufacturing . (16 de 02 de 2017). *Mejora de la Eficiencia (OEE)*. Obtenido de <http://www.cdiconsultoria.es/herramienta-oeo-indicador-mejora-eficiencia-valencia>
- Lefcovich, M. (2005). *MPT. Mantenimiento Productivo Total. Un paso mas hacia la excelencia Empresarial*. Navactiva.
- Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística Para Administración y Economía*. Mexico: Pearson Educación.
- Lind, D. A., Marchal, W., & Wathen, S. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y la*

- Lind, M., & Wathen. (2008). *Estadística aplicada a los Negocios y la Economía*. Mexico: McGraw-Hill.
- López, E. (2009). <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis262.pdf>.
- Martinez, R. (20 de marzo de 2016). *Haciendo Tu Tesis #2*. Obtenido de Como hacer el planteamiento del Problema?: <https://www.youtube.com/watch?v=g1phQyda3w8>
- Martinez, R. (23 de abril de 2016). *Haciendo tu Tesis #3*. Obtenido de Como hacer los objetivos y la hipotesis: https://www.youtube.com/watch?annotation_id=annotation_3385429635&feature=iv&src_vid=g1phQyda3w8&v=98o4PbNnPy4
- Mendoza, J. (Junio de 2007). TPM Mantenimiento Productivo Total. Azcapotzalco, Mexico DF, nidad profesional Azcapotzalco.
- Meyer, V. D. (1981). *Manual de tecnica de la investigación educacional*. Barcelona España: PAIDOS IBERICA.
- Mora, E. (2008). *proceso de Implantación del TPM*.
- Odebrecht. (24 de Abril de 2007). Manual de Operación y Mantenimiento. *Manuales de Operación y Mantenimiento*. Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador: Odebrecht Ingeniería y Construcción.
- Parrado, P., & Sánchez, J. (2004). *Estructuración e implementación del pilar de mejora enfocada en Tetra Pack Colombia*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis152.pdf>
- Pfeiter, G. (2004). *Desarrollo de un Programa de mantenimiento Productivo Total (MPT), en la planta de avena de una empresa alimenticia*. Universidad de Carabobo, Carabobo.
- Producción, S. d. (2010). *Informe de Operación y Mantenimiento*. Baños: Programación y Control.
- Producción, S. d. (2011). *Informe de Operación y Mantenimiento Anual 2011*. Baños : Programación y Control.
- Producción, S. d. (2012). *Informe de Operación y Mantenimiento Anual 2012*. Baños: Programación y Control.
- Producción, S. d. (2013). *Informe de Operación y Mantenimiento 2013*. Baños: Programación y Control.
- Producción, S. d. (2014). *Informe de Operación y Mantenimiento Anual 2014*. Baños: Programación y Control.

- Producción, S. d. (2015). *Informe de Operación y Mantenimiento Anual 2015*. Baños: Programación y Control.
- Real Academia de la Lengua. (02 de 02 de 2017). *wordreference.com*. Obtenido de <http://www.wordreference.com>
- Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. Madrid: FUNDACION CONFEMETAL.
- Sacristan, R. F. (2006). *Mantenimiento total de la Producción TPM. Proceso de Implementación y Desarrollo*. España: FC.
- Salgado, M. (10 de Junio de 2013). Instrucciones sobre planificación y Gestión de la Producción. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Silva, J. (14 de Septiembre de 2012). *Repositorio Institucional Piura*. Obtenido de Tesis. Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1263>
- Sosa, R. A. (15 de 03 de 2016). *Las 5 S, Manual Teorico y de implementación*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/las-5s-manual-teorico-y-de-implantacion/#pf23>
- Triola, M. (2009). *ESTADISTICA*. México: Pearson Educación.
- Universidad Centro Americana José Simeón Cañas. (16 de 06 de 2015). <http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m200018/doc1.pdf>. Obtenido de www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m200018/doc1.pdf
- VanDalen, D., & Meyer, W. (1981). *Manual de técnica de la investigación educacional*. Barcelona España: PAIDOS IBERICA.
- Vela, P. (10 de febrero de 2016). *Pronostico de Demanda 2*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=WlBykf0y-HU>
- VERA, A. (1968). *Metodología de la Investigación*. Buenos Aires: Kapeluz.

ANEXOS

Anexo I. Análisis esquemático de un problema

Metodología propuesta por (VanDalen & Meyer, Manual de técnica de la investigación educativa, 1981), para el planteamiento del problema

1. Reunir hechos que pudieran relacionarse con el problema.
2. Decidir mediante la observación si los hechos hallados son importantes.
3. Identificar las posibles relaciones existentes entre los hechos que pudieran indicar la causa de la dificultad.
4. Proponer diversas explicaciones (hipótesis) de la causa de la dificultad.
5. Cerciorarse, mediante la observación y el análisis, de si ellas son importantes para el problema.
6. Encontrar, entre las explicaciones, aquellas relaciones que permitan adquirir una visión más profunda de la solución del problema.
7. Hallar relaciones entre los hechos y las explicaciones.
8. Examinar los supuestos en que se apoyan los elementos identificados.

La Figura 2, muestra el esquema del análisis del problema de investigación que resume lo mencionado por Van Dalen, en el procedimiento anterior.

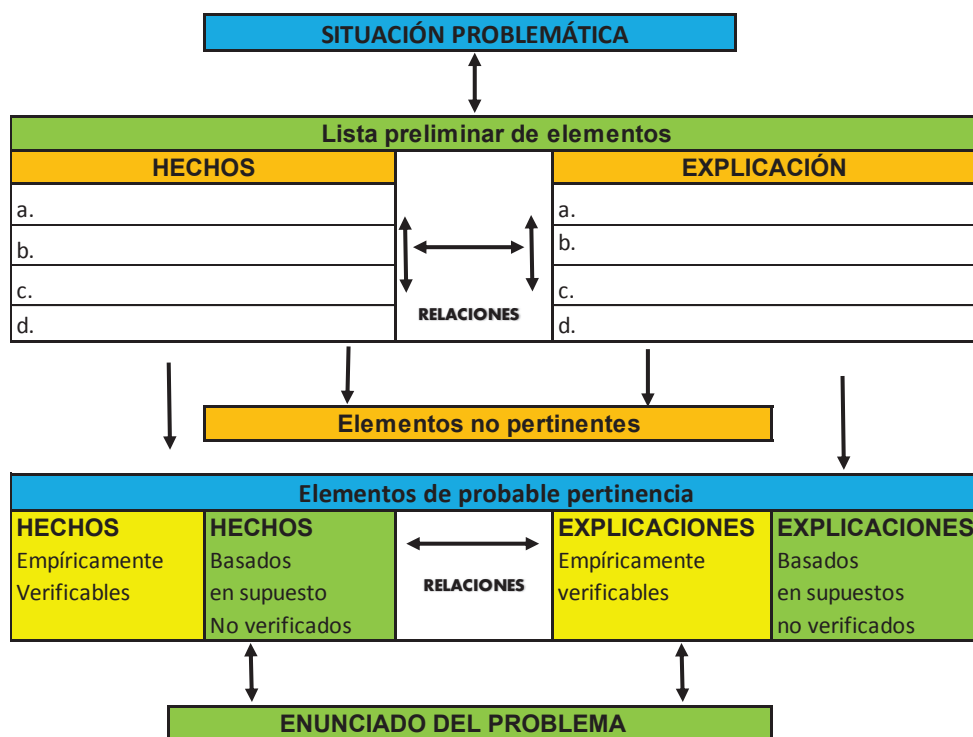


Figura 2. Análisis esquemático de un problema

Anexo II. Matriz de Consistencia

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
Análisis del Impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la gestión Operativa de la Central Hidroeléctrica San Francisco En el periodo 2010-2015.	Cual es la relación entre los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total y la Eficiencia Global del Proceso en la central San Francisco en el periodo 2010-2015?	Analizar la relación de los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total con la eficiencia Global del Proceso de Mantenimiento en la gestión Operativa de la central Hidroeléctrica San Francisco en el periodo 2010-2015, para identificar aquellas que impactan positivamente y establecer planes de mejora basados en el TPM.	En el Periodo 2010-2015, las buenas practicas de mantenimiento Productivo Total han generado una relación positiva en los índices de Gestión Operativa de la Central Hidroeléctrica San Francisco incrementando la Efectividad del Proceso de Generación.
	PROBLEMA ESPECIFICO Existe Relación entre la eficiencia global del Proceso del TPM y la Producción de energía de la Central Hidroeléctrica San Francisco?	OBJETIVOS ESPECIFICOS Verificar la relación de la le eficiencia global del proceso según el TPM y la producción de energía eléctrica en la Central hidroeléctrica San Francisco en el periodo 2010-2015.	HIPOTESIS ESPECIFICAS En el Periodo 2010-2015, existe una relación positiva entre la eficiencia global del proceso y la producción de energía de la central hidroeléctrica San Francisco
	Se ha realizado un analisis de la gestión Operativa de la central San Francisco bajo el enfoque del Mantenimiento Productivo Total en el periodo 2010-2015?	Analizar los índices de la gestión de Operativa de la Central San Francisco bajo el enfoque del Mantenimiento Productivo Total en el periodo 2010-2015.	NO APLICA
	Existe una representación grafica del comportamiento de los índices de Gestión Operativa en el periodo seleccionado?	Presentar en forma gráfica los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total en el periodo seleccionado	NO APLICA
	Esta determinada la relación existente entre los indicadores del mantenimiento Productivo Total y la eficiencia global del proceso en la central San Francisco en el periodo 2010-2015 ?	Determinar la relación de los indicadores recomendados por el Mantenimiento Productivo Total y la eficiencia global del proceso.	Existe una relación Positiva entre los indicadores de Buenas practicas del mantenimiento del TPM y la eficiencia Global del proceso de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica San Francisco en el Periodo 2010-2015.
	Esta determinada cuales son las mas influyentes variables de mantenimiento Productivo Total en la gestión operativa de la central San Francisco?	Identificar las más influyentes variables de Mantenimiento Productivo Total en la gestión operativa de la Central San Francisco.	NO APLICA
	Existe un adecuado plan basado en el mantenimiento Productivo Total para mejorar gestión Operativa de la Central San Francisco.?	Proponer planes de acción basadas en la aplicación de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total	NO APLICA

Anexo III. Etapas del TPM.

FASE	ETAPAS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. Decisión de la dirección de aplicar el TPM como Proyecto de empresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia a presentar en el Comité de dirección. • Revista de la Empresa
	2. Campaña de Información- formación Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia a presentar en el Comité de Dirección. • Revista de la Empresa.
	3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Comisiones, animadores. • Grupos de Trabajo.
	4. Diagnóstico de la situación de partida. Indicadores de progreso técnicos, organización.	<ul style="list-style-type: none"> • Banco de datos de valores técnico económicos. • Encuestas de la organización.
	5. Redacción de un plan tipo. Líneas de acción/ Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Redacción Global y detallada • Planificación
DESARROLLO	6. Lanzamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de partida/presentación del plan tipo • Aspectos formales • Desarrollo de la 5S.
	7. Implementación de la mejora Continua en los sistemas- Procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de disfuncionamientos • Maquinas cuello de botella. • Grupos de fiabilización.
	8. Desarrollo del automantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión específica. • Formación. • Gamas/Niveles
	9. Desarrollo del mantenimiento programado	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la Gestión y organización del mantenimiento programado. • Gamas/niveles • Formación • Máquinas Típicas • Grupos de fiabilización.
OPTIMIZACIÓN	10. Formación del Equipo Humano en los métodos y experiencias del mantenimiento Global.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas/Evaluación de competencias • Contrato de Formación/ Cursos • Gestión de la polivalencia • Grupos de fiabilización
	11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida de la F/M/D • Participar en la fase de un proyecto de equipo nuevo. • Documentación técnica. • Fiabilización. • Maquinas típicas. • Grupos de fiabilización.
	12. Certificar la aplicación del TPM.	<ul style="list-style-type: none"> • Auditar- definir nuevos objetivos.

Anexo IV Código de sistemas e instalaciones de la Central San Francisco

ITEM	CODIGO	INSTALACIÓN/SISTEMA
1	CYR	CONDUCCIÓN Y RESTITUCIÓN
1.1	TC	TUNEL DE CARGA
1.2	TP	TUBERÍA DE PRESIÓN
1.3	CH	CHIMENEA DE EQUILIBRIO
1.4	TR	TUNEL DE RESTITUCIÓN
2	U0	UNIDAD
2.1	TH	TURBINA
2.2	AT	SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA
2.3	RV	REGULACION DE VELOCIDAD, ACUMULACION Y BOMBEO
2.4	VM	VALVULA MARIPOSA
2.5	GE	GENERADOR
2.6	EX	EXCITACIÓN Y REGULADOR VOLTAJE
2.7	GI	CONEXIÓN GENERADOR – INTERRUPTOR
2.8	CF	CENTRO DE FUERZA AUXILIARES UNIDAD
2.9	GI	CONEXIÓN INTERRUPTOR-TRANSFORMADOR
2.10	TP	TRANSFORMADOR PRINCIPAL
2.11	MP	MEDICION PROTECCION UNIDAD
2.12	SC	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC
2.13	AE	AGUA DE ENFRIAMIENTO
3	ACM	AUXILIARES CASA DE MAQUINAS
3.1	AF	AIRE DE SERVICIO Y FRENADO
3.2	AE	AGUA DE FILTRACIONES
3.3	AS	AGUA DE SELLOS
3.4	FC	CENTROS DE FUERZA Y CARGA CASA DE MAQUINAS
3.5	IT	ILUMINACION Y TOMAS
3.6	IG	SISTEMA CONTRA INCENDIO GENERADORES
3.7	IN	SISTEMA CONTRA INCENDIO TRANSFORMADORES
3.8	DI	SISTEMA GENERAL DE DETECCION DE INCENDIOS
3.9	CC	CORRIENTE CONTINUA

3.10	BS	BARRA SEGURA 120VAC Y SDSC
3.11	SV	SISTEMA DE VACIADO
3.12	SD	SISTEMA DE DRENAJE
3.13	VE	SISTEMA DE VENTILACION
3.14	AR	AIRE COMPRIMIDO REGULADORES
3.15	CM	INSTALACIONES CASA DE MAQUINAS
3.16	PG	PUENTE GRUA
3.17	MA	MALLA A TIERRA
3.18	SE	SEÑALIZACION
3.19	GD	GENERADOR DE EMERGENCIA 750KVA
3.20	SC	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDS
3.21	CD	CONTROL DIGITAL ALSTOM P320 (SCADA)
3.22	AV	ANALIZADOR DE VIBRACIONES
3.23	RE	REGISTRADOR DE EVENTOS
3.24	EC	EDIFICIO DE CONTROL
3.25	AC	AIRE ACONDICIONADO EC
3.26	AL	SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO
3.27	AP	AGUA POTABLE EDIFICIO DE CONTROL
4	SUB	SUBESTACION DE 230KV GIS
4.1	L1	LINEA TOTORAS 1
4.2	L2	LINEA TOTORAS 2
4.3	P1	POSICION DE UNIDAD 1
4.4	P2	POSICION DE UNIDAD 2
4.5	AB	POSICION ACOPLAMIENTO DE BARRA
4.6	BA	BARRAS
4.7	LE	EQUIPO DE LEVANTAMIENTO
4.8	CB	CABLES DE 230 KV
4.9	EL	ELEVADOR POZO DE CABLES
4.10	PO	PORTICO DE SALIDA
4.11	SC	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC
4.12	ST	SINCRONIZACION Y TELEPROTECCION
4.13	PT	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
5	SGN	SERVICIOS GENERALES
5.1	AP	AGUA POTABLE

5.2	ST	SISTEMA DE COMUNICACIONES
5.3	OF	OBRAS EXTERNAS Y ACCESO
5.4	CI	CONTRA INCENDIOS
5.5	EP	EQUIPOS DE PRUEBA Y MEDIDA
5.6	MH	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS MENORES
5.7	VE	VEHICU ESPECIALES
5.8	VH	VEHICULOS
6	TLB	TALLERES Y LABORATORIOS
6.1	TM	TALLER MECANICO
6.2	LT	LABORATORIO ELECTRONICO
6.3	EL	LABORATORIO ELECTRICO

Anexo V Análisis de criticidad central San Francisco

Función de cada sistema en relación al Proceso

Para la identificación de las funciones de cada sistema se, realizó un resumen de las funciones de los sistemas sacando la información de los documentos entregados por los fabricantes.

Luego mediante la utilización de la siguiente disposición:

Verbo + Sustantivo + Estándar

Se procedió a resumir las funciones en un cuadro resumen que se presenta a continuación.

Así:

FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA CENTRAL SAN FRANCISCO			
EQUIPOS			FUNCIÓN
1	CYR	CONDUCCIÓN Y RESTITUCIÓN	
1.1	TC	TUNEL DE CARGA	Trasladar el agua de la interconexión hasta la tubería de presión en un caudal no menor de 120 m ³ / s.
1.2	TP	TUBERÍA DE PRESIÓN	Condicionar y aumentar la presión del agua proveniente del tunel de conducción hasta las unidades con una presión de 22 bares y un caudal de 60 m ³ /s en dos ramales
1.3	CH	CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Atenuar cualquier sobre presión del tunel de carga por cierre de valvulas mariposa o rechazo de carga con una oscilación hasta una altura de 1498 msnm
1.4	TR	TUNEL DE RESTITUCIÓN	Conducir el agua turbinada hasta el cause del río con un nivel máximo del río hasta la cota 1274 msnm.
2	U0	UNIDAD	
2.1	TH	TURBINA	Transformar la energía potencial del agua proveniente de la tubería de presión en energía cinética que transmite al generador con una potencia máxima nominal de 110MW por unidad
2.2	AT	SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA	Controlar y mide el buen funcionamiento de la turbina sin la presencia de agua excesiva, y con la energía suficiente para los instrumentos de control
2.3	RV	REGULACION DE VELOCIDAD, ACUMULACION Y BOMBEO	Regula la velocidad de giro de la turbina a 225 RPM
2.4	VM	VALVULA MARIPOSA	Aísla a las unidades hidráulicas para mantenimiento e inspección, del agua proveniente de la tubería de presión dejándole completamente estanco.
2.5	GE	GENERADOR	Generar corriente alterna con una potencia de 112 Mw por unidad
2.6	EX	EXCITACIÓN Y REGULADOR VOLTAJE	Proveer a la unidad de generación de la excitación necesaria para la generación, transformando energía de CA proveniente del centro de carga en energía de CC
2.7	GI	CONEXIÓN GENERADOR - INTERRUPTOR	Conecta las 3 barras de salida del generador al interruptor principal de unidad, que aísla cada unidad de la subestación
2.8	CF	CENTRO DE FUERZA AUXILIARES UNIDAD	Abastecer de energía a los sistemas de la unidad en el caso de que el centro de fuerza principal falle.
2.9	GI	CONEXIÓN INTERRUPTOR-TRANSFORMADOR	Conecta las 3 barras de salida del interruptor principal con el transformador principal
2.10		TRANSFORMADOR PRINCIPAL	Transforma la energía de salida de los generadores de 13 800 V a 230 00 V, para alimentar el sistema nacional interconectado.
2.11		MEDICION PROTECCION UNIDAD	Protege a la unidad en caso de un mal funcionamiento del algún sistema de la unidad.
2.12		SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	Monitorea y controla la temperatura y niveles de aceite en el cojinete de la turbina, enviando información a la Sala de Control para supervisión y/o parada de emergencia la misma.
2.13		AGUA DE ENFRIAMIENTO	Enfría todos los sistemas de la Unidad donde existe incremento de calor, manteniendo temperaturas normales de trabajo

3	AUXILIARES CASA DE MAQUINAS		
3.1		AIRE DE SERVICIO Y FRENADO	Provee aire comprimido a las tomas de aire de casa de maquinas y al sistema de frenado, con la ayuda de 2 compresores de pistón y una presión de 7 bares.
3.2		AGUA DE ENFRIAMIENTO	Enfria los intercambiadores de calor de los cojinetes de generador y turbina con agua de filtraciones con una presión de 6 bares y un caudal de 380 mcubicos / hora.
3.3		AGUA DE SELLOS	Provee agua al pistón ubicado en el sello de la turbina con una presión de 9 bares.
3.4		CENTROS DE FUERZA Y CARGA CASA DE MAQUINAS	Abastece de corriente eléctrica a los Centros de Carga de las Unidades y los Sistemas Auxiliares abasteciendo un voltaje de 480 V.
3.5		ILUMINACION Y TOMAS	Transforma la corriente proveniente del Centro de Carga para utilizarla en la iluminación y las tomas de corriente, transforma 480 V de salida del Centro de Carga a corriente de 220 y 110 V usados en tomas e iluminación.
3.6		SISTEMA CONTRA INCENDIO GENERADORES	Extinguir por el principio de la emulsificación con agua pulverizada a través de 2 anillos alrededor de los generadores, los mismos que actúan por alta temperatura o presencia de humo o por medio manual cualquier incendio producido en los generadores, la temperatura de accionamiento automático es de 107 grados o por presencia de humo.
3.7		SISTEMA CONTRA INCENDIO TRANSFORMADORES	Extinguir por diluvio cualquier incendio ocurrido en los transformadores mediante la actuación de una válvula pilotada accionada por un sistema de control eléctrico que recibe señal de humo o alta temperatura. El sistema recibe agua potable del tanque de agua potable del portico de salida de cables y el sistema se acciona con humo y alta temperatura de.....
3.8		SISTEMA GENERAL DE DETECCION DE INCENDIOS	Detecta cualquier conato de incendio a través de detectores de llama, de humo, incrementos de temperatura en casa de Maquinas y edificio de control. La alarma consiste en el accionamiento de una luz LED y una sirena de elevados decibeles.
3.9	CC	CORRIENTE CONTINUA	Abastecer de corriente continua a todos los controles de las unidades y carga las baterías estacionarias que se encuentran de emergencia, toman la corriente del centro de carga y la transforma en corriente continua de 12 y 24 V.
3.10	BS	BARRA SEGURA 120VAC Y SDSC	Alimentar las computadoras de sala de control con CA que es transformada por medio de inversores de la Corriente continua proveniente del sistema de Corriente continua o el banco de baterías. La corriente generada es de 110V.
3.11	SV	SISTEMA DE VACIADO	Vaciar las unidades generadoras para posibilitar la inspección y el mantenimiento de la Turbina. El sistema está formado por 2 bombas centrífugas de.....
3.12	SD	SISTEMA DE DRENAJE	Drenar por gravedad Casa de Maquinas, edificio de control, áreas de montaje y túnel de acceso principal a un pozo de drenaje. Ubicado en piso de válvulas y luego al túnel de drenaje desde el pozo de filtraciones cuando alcance el nivel máximo de....
3.13	VE	SISTEMA DE VENTILACION	Ventilar Casa de Maquinas mediante el ingreso de aire fresco del túnel de acceso principal, a través de 2 ventiladores de Y la extracción de 2 extractores de
3.14	AR	AIRE COMPRIMIDO REGULADORES	Abastece de aire al tanque de almacenamiento de aire aceite de los reguladores de velocidad, consta de 2 compresores tipo tornillo de 4 etapas de presión máxima de trabajo de 410 bares en la cuarta etapa y un caudal máximo de 354 lit/min y un tanque de almacenaje.
3.15	CM	INSTALACIONES CASA DE MAQUINAS	Permitir el acceso desde el exterior a casa de maquinas y entre los diferentes pisos de casa de maquinas, el sistema está formado por todos los túneles de conducción adyacentes a Casa de Maquinas.
3.16	PG	PUENTE GRUA	Descarga, transporte y montaje de equipos electromecánicos principales instalados en Casa de Maquinas, posee un gancho auxiliar de 15T y un gancho principal de 210 T.
3.17	MA	MALLA A TIERRA	Proteger las unidades de generación ante cualquier sobrecarga de energía
3.18	SE	SEÑALIZACION	Mostrar los datos operativos en paneles de control local y remoto.
3.19	GD	GENERADOR DE EMERGENCIA 750KVA	proveer de corriente alterna al centro de Fuerza de casa de maquinas, cuando falla la línea del sistema eléctrico interconectado, tiene una potencia de 750 KVA
3.20	SC	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDS	Supervisar y controlar todos los equipos y sistemas auxiliares de casa de maquinas.
3.21	CD	CONTROL DIGITAL ALSTOM P320 (SCADA)	Controla automáticamente los equipos y sistemas de los sistemas auxiliares de Casa de maquinas mediante PLC, programados lógicamente.
3.22	AV	ANALIZADOR DE VIBRACIONES	Controlar las dos unidades desde el punto de vista de la Vibración, equipo digital que tiene un software que presenta la información en forma amigable con el usuario de las señales digitales recogidas por sensores ubicados en las unidades de generación.
3.23	RE	REGISTRADOR DE EVENTOS	Colectar, bombear, tratar y echar al sistema de drenaje las aguas residuales provenientes del edificio de Control, la capacidad de procesamiento es de.....
3.24	EC	EDIFICIO DE CONTROL	Alberga la sala de operaciones y de mantenimiento, los tanques de distribución del agua potable y el centro de tratamiento de aguas servidas. Edificio de 4 plantas con un área de.....ubicada en piso Principal de Casa de Maquinas.
3.25	AC	AIRE ACONDICIONADO EC	Provee aire acondicionado a las diferentes oficinas del Edificio de Control. Sistema formado por dos compresores de que envían aire acondicionado a través de ductos de....
3.26	AL	SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO	Tratar las aguas servidas provenientes de las baterías sanitarias del edificio de control para luego enviarlas a un pozo de drenaje, tiene una capacidad de procesamiento de.....
3.27	AP	AGUA POTABLE EDIFICIO DE CONTROL	Capta el agua potable proveniente del pozo de cables en dos tanques de Que proveen por gravedad agua a Edificio de Control.

4	SUB	SUBESTACION DE 230KV GIS	
4.1	L1	LINEA TOTORAS 1	Transmite la energía generada por las dos unidades de generación hacia la subestación totoras funciona como auxiliar o como principal
4.2	L2	LINEA TOTORAS 2	Transmite la energía generada por las dos unidades de generación hacia la subestación totoras funciona como auxiliar o como principal
4.3	P1	POSICION DE UNIDAD 1	Controla la interconexión entre el generador de la unidad No.1 y la línea totoras.
4.4	P2	POSICION DE UNIDAD 2	Controla la interconexión entre el generador de la unidad No.2 y la línea totoras.
4.5	AB	POSICION ACOPLAMIENTO DE BARRA	Controla la conexión de la barra a la subestación
4.6	BA	BARRAS	Transmitir la energía generada por las unidades hacia la subestación
4.7	LE	EQUIPO DE LEVANTAMIENTO	Montar, trasportar equipos en la subestación, cargas de capacidad de 3 y 5 toneladas
4.8	CB	CABLES DE 230 KV	Transportar la energía provnirnr drl transformador hacia el portico de salida de cables, manejando un voltaje de 230.000 V.
4.9	EL	ELEVADOR POZO DE CABLES	Eleva materiales y personas para trabajos de inspección de los cables de las fases que salen desde el generador al portico de salida de líneas, trabaja a una velocidad de 1,5 m/min en una altura de 175, 5 m y tiene una capacidad de carga de 1Ton.
4.10	PO	PORTICO DE SALIDA	Trasportar la energia eléctrica a través de calbes electricos y torres de transmisión d ela energía que sale de la suestacion de casa de maquinas, a un voltaje de
4.11	SC	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	Supervisar y controlar los equipos, interruptores y disyuntores de la suestación.
4.12	ST	SINCRONIZACION Y TELEPROTECCION	Sincronizar las unidades de generación para su ingreso al sistema interconectado Nacional.
4.13	PT	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	adsegurarse que cualquier tipo de sobrecarga producida en la subestación no vaya a producir daños en los equipos de la subestación.

5	SGN	SERVICIOS GENERALES	
5.1	AP	AGUA POTABLE	Captar agua cruda de las quebradas aledañas al portico de salida de líneas y procesarla para producir agua potable enviada a casa de maquinas, tiene una capacidad de procesamiento de....
5.2	ST	SISTEMA DE COMUNICACIONES	Permite la comunicación interna y externa a Casa de maquinas y edificio de control, el sistema consta de telefonos y radios de transmisión
5.3	OF	OBRAS EXTERNAS Y ACCESO	Permitir el acceso desde el exterior a casa de maquinas y edificio de control, sistema formado por toda la infraestructura civil externa para el manejo de iluminación, alcantarillado.
5.4	CI	CONTRA INCENDIOS	Evitar que culaquier conato de incendio se transofe en un incendio capaz de producir daños en la integridad de la Central
5.5	EP	EQUIPOS DE PRUEBA Y MEDIDA	Realizar pruebas especiales de mantenimiento predictivo en las unidades de generación.
5.6	MH	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS MENORES	Realizar trabajos rutinario de mantenimiento en la central
5.7	VE	VEHICULOS ESPECIALES	Transporte de materiales y trabajos de remoción de tierras en obras aledañas a la central
5.8	VH	VEHICULOS	Trasporte de materiales y personas en la central.

6	TLB	TALLERES Y LABORATORIOS	
6.1	TM	TALLER MECANICO	Realizar trabajos de corte, torneado y soldadura para reparaciones y adaptaciones de los sistemas de la Central
6.2	LT	LABORATORIO ELECTRONICO	Realizar trabajos de conexiones, mediciones y reparaciones electronicas menores de los sistemas de la Central.
6.3	EL	LABORATORIO ELECTRICO	Realizar trabajos de conexiones, mediciones y reparaciones electricas menores de los sistemas de la Central.

Como se había mencionado, uno de los objetivos del presente trabajo, consiste en la mejora del Rendimiento Operacional del Proceso de Generación, y el establecimiento de una estrategia para lograr este objetivo, para ello, una vez realizada la descripción de los principales del sistema es necesario realizar un análisis de criticidad para tener un mejor

criterio sobre la importancia en el proceso de cada sistema y ser donde se concentre nuestros esfuerzos de mejora.

Los parámetros a considerar para la calificación, de los sistemas son los siguientes:

- Flexibilidad Operacional
- Efecto en la Producción
- Costos de reparación
- Tiempo Promedio para reparar
- Seguridad Higiene y Salud.

Para la calificación de cada parámetro se establecieron criterios de calificación cada uno con una calificación que va de más a menos, el puntaje de calificación es igual para todos los parámetros, sin embargo para tener un mejor resultado acorde al trabajo que se está realizando se dio un valor de ponderación mayor a aquellos parámetros relacionados directamente con los 3 índices manejados por el MPT, el de disponibilidad el de Rendimiento y el de Calidad. Así se tiene las siguientes ponderaciones.

- Flexibilidad Operacional 20%
- Efecto en la Producción 30%
- Costos de reparación 15%
- Tiempo Promedio para reparar 30%
- Seguridad higiene y Salud. 5%

La frecuencia de fallo o de incidencia tiene 4 criterios de calificación con la puntuación más alta para la frecuencia más crítica, se toma el 100% de esta cantidad para la calificación.

Una vez establecido los parámetros de calificación y conocido el funcionamiento de los sistemas y su influencia sobre el proceso de generación se procede a la calificación de los sistemas.

Para esta calificación se realizaron reuniones creando grupos de fiabilización integrados por:

- Supervisor de Operación
- Supervisor de Mantenimiento Eléctrico
- Supervisor de Mantenimiento Electrónico
- Supervisor de Mantenimiento Mecánico
- Jefe de Mantenimiento Civil

La calificación consistió en analizar uno a uno los sistemas y mediante un análisis conjunto proceder a la calificación según los criterios de Calificación preestablecidos.

Con la ayuda de estos profesionales se obtuvieron los siguientes resultados.

FACTORES A TOMAR EN CUENTA EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD	PUNTAJE	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN PONDERADA
Flexibilidad Operacional			
Sin Modo Alterno de Operación. Sin equipo de remplazo en bodega	100	20%	20
Sin Modo Alterno de Operación. Existe remplazo disponible bodega	80	20%	16
Tiene modo alterno de operación.Sin equipo de remplazo bodega	60	20%	12
Tiene modo alterno de operación.Existe equipo de remplazo bodega	20	20%	4
Efecto en la Producción			
Parada de Central	100	30%	30
Parada de la Unidad	80	30%	24
Disminución de de Potencia	60	30%	18
Sin Consecuencia en Producción.	20	30%	6
Costos de reparación			
Muy Altos. > 4 millones dólares (> 1% costo de la planta)	100	15%	15
Altos. Entre 1 millón y 4 millones de dolares) 0,50% costo planta	80	15%	12
Medios (entre 500 mil y 1 millon de dólares) 0,25% del costo de la planta	60	15%	9
Bajos<500 000 dólares (< 0,012% costo de la planta)	20	15%	3
Tiempo promedio para reparar MTTR			
Mas de 48 horas (mas de 6 días)	100	30%	30
Entre 24 y 48 horas (entre 3 y 6 días)	80	30%	24
Entre 8 y 24 horas (entre 1 y 3 días)	60	30%	18
Entre 4 y 8 Horas (entre 1/2 y 1 día laboral)	40	30%	12
Menos de 4 horas (medio día laboral)	20	30%	6
Seguridad/ Higiene/ Ambiente			
Accidente (Muerte o Lesión), Contaminación (Derrames o Emisiones)	100	5%	5
Incidentes Humanos y Ambientales	60	5%	3
Sin Riesgo	20	5%	1
Frecuencia de Fallo			
Deficiente > 4 al año	4	100%	4
Regular 3 a 4 fallos por año	3	100%	3
Bueno 1-2 fallos al año	2	100%	2
Excelente < 1 fallo al año.	1	100%	1

Factores de calificación Ponderados para el análisis de criticidad.

EQUIPOS	Flexibilidad Operacional	Efecto Producción	Costos reparación	Tiempo de reparación	Seguridad Higiene Ambiente	Frecuencia de Fallo	Valor de Criticidad
CYR CONDUCCIÓN Y RESTITUCIÓN							
TC TUNEL DE CARGA	20	30	15	30	5	2	1880
TP TUBERÍA DE PRESIÓN	20	30	12	30	5	1	937
CI CHIMNEA DE EQUILIBRIO	20	18	12	30	1	1	573
TR TUNEL DE RESTITUCIÓN	20	30	15	30	3	1	938
U0 UNIDAD							
TH TURBINA	20	24	12	30	5	1	757
AT SISTEMA S AUXILIARES DE LA TURBINA	12	6	9	12	1	2	188
RV REGULACION DE VELOCIDAD, ACUMULACION Y BOMBEO	20	24	9	18	1	1	462
VM VALVULA MARIPOSA	20	24	12	30	5	1	757
GE GENERADOR	20	24	12	30	5	1	757
EX EXCITACION Y REGULADOR VOLTAJE	12	24	9	24	3	1	600
GI CONEXIÓN GENERADOR - INTERRUPTOR	20	24	9	30	3	1	752
CF CENTRO DE FUERZA AUXILIARES UNIDAD	12	12	9	24	3	1	312
GI CONEXIÓN INTERRUPTOR-TRANSFORMADOR	20	24	9	30	1	1	750
TP TRANSFORMADOR PRINCIPAL	20	24	12	30	5	1	757
MEDICION PROTECCION UNIDAD	20	24	9	24	3	1	608
SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	20	24	9	30	3	1	752
AGUA DE ENFRIAMIENTO	12	12	9	12	5	4	680
AUXILIARES CASA DE MAQUINAS							
AIRE DE SERVICIO Y FRENADO	12	6	3	12	1	1	88
AGUA DE FILTRACIONES	12	30	9	12	1	1	382
AGUA DE SELLOS	20	30	12	30	3	1	935
CENTROS DE FUERZA Y CARGA CASA DE MAQUINAS	20	30	12	30	3	1	935
ILUMINACION Y TOMAS	4	6	9	12	3	1	88
SISTEMA CONTRA INCENDIO GENERADORES	12	12	9	18	5	1	242
SISTEMA CONTRA INCENDIO TRANSFORMADORES	12	12	9	18	3	1	240
SISTEMA GENERAL DE DETECCION DE INCENDIOS	20	24	9	30	5	1	754
CORRIENTE CONTINUA	12	18	9	30	5	1	566
BARRA SEGURA 120VAC Y SDSC	12	12	9	24	3	1	312
SISTEMA DE VACIADO	12	12	9	18	1	1	238
SISTEMA DE DRENAJE	12	12	9	18	1	1	238
SISTEMA DE VENTILACION	12	6	9	12	1	1	94
AIRE COMPRIMIDO REGULADORES	20	24	9	12	3	1	320
INSTALACIONES CASA DE MAQUINAS	12	12	12	30	3	1	387
PUNTE GRUA	20	12	9	18	3	1	248
MALLA A TIERRA	12	6	9	30	3	1	284
SEÑALIZACION	12	12	3	24	3	4	1224
GENERADOR DE EMERGENCIA 750KVA	20	12	9	24	3	1	320
SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDS	12	12	9	24	3	1	312
CONTROL DIGITAL AL STOM P320 (SCADA)	20	30	9	24	3	1	752
ANALIZADOR DE VIBRACIONES	20	6	9	12	1	1	182
REGISTRADOR DE EVENTOS	20	12	9	24	3	2	640
EDIFICIO DE CONTROL	12	12	9	6	1	1	94
AIRE ACONDICIONADO EC	4	6	3	6	1	1	44
SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO	4	6	9	6	1	1	50
AGUA POTABLE EDIFICIO DE CONTROL	12	6	3	6	1	1	52
SUBESTACION DE 230KV GIS							
LINEA TOTORAS 1	12	12	12	30	5	1	389
LINEA TOTORAS 2	12	12	12	30	5	1	389
POSICION DE UNIDAD 1	12	12	9	24	3	1	312
POSICION DE UNIDAD 2	12	12	9	24	3	1	312
POSICION ACOPLAMIENTO DE BARRA	20	12	9	30	3	1	392
BARRAS	20	24	12	30	3	1	755
EQUIPO DE LEVANTAMIENTO	12	12	9	24	3	1	312
CABLES DE 230 KV	20	24	12	30	5	1	757
ELEVADOR POZO DE CABLES	12	6	9	24	5	1	170
PORTICO DE SALIDA	20	30	12	30	5	1	937
SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	20	30	9	24	3	1	752
SNCRONIZACION Y TELEPROTECCION	12	12	9	24	3	1	312

Resultados obtenidos del análisis de Criticidad

Con la tabla de resultados obtenida se procedió a la presentación estadística descriptiva con un gráfico de barras, para establecer los sistemas más críticos se dividieron estos resultados en 4 grupos de criticidad:

- Muy Crítico (Color Rojo)
- Crítico (Color Amarillo)
- Medianamente Crítico (Color Verde)

Los datos fueron divididos en tres grupos en partes iguales con la siguiente fórmula:

$$Triada = \frac{n + 1}{3}$$

Dónde:

n = el número de sistemas colocado en forma ascendente en este caso son 68 sistemas.

$$T1 = \frac{68 + 1}{3} = 23$$

$$T2 = 46$$

$$T3 = 68$$

Con los valores encontrados se dividió los sistemas en los grupos establecidos asignando un color a cada sistema de acuerdo a su grupo.

Pos.	SISTEMA	CRITICIDAD
1	AIRE ACONDICIONADO EC	44
2	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS MENORES	44
3	SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO	50
4	AGUA POTABLE EDIFICIO DE CONTROL	52
5	OBRAS EXTERNAS Y ACCESO	88
6	AIRE DE SERVICIO Y FRENADO	88
7	ILUMINACION Y TOMAS	88
8	SISTEMA DE VENTILACION	94
9	EDIFICIO DE CONTROL	94
10	AGUA POTABLE	94
11	EQUIPOS DE PRUEBA Y MEDIDA	94
12	ANALIZADOR DE VIBRACIONES	102
13	TALLER MECANICO	124
14	LABORATORIO ELECTRONICO	124
15	LABORATORIO ELECTRICO	124
16	VEHICULOS	128
17	VEHICULOS ESPECIALES	132
18	CONTRA INCENDIOS	152
19	ELEVADOR POZO DE CABLES	170
20	SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA	188
21	MALLA A TIERRA	204
22	SISTEMA DE VACIADO	238
23	SISTEMA DE DRENAJE	238
24	SISTEMA CONTRA INCENDIO TRANSFORMADORES	240
25	SISTEMA CONTRA INCENDIO GENERADORES	242
26	PUENTE GRUA	248
27	CENTRO DE FUERZA AUXILIARES UNIDAD	312
28	BARRA SEGURA 120VAC Y SDSC	312
29	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDS	312
30	POSICION DE UNIDAD 1	312
31	POSICION DE UNIDAD 2	312
32	EQUIPO DE LEVANTAMIENTO	312
33	SINCRONIZACION Y TELEPROTECCION	312
34	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	312
35	AIRE COMPRIMIDO REGULADORES	320
36	GENERADOR DE EMERGENCIA 750KVA	320
37	AGUA DE FILTRACIONES	382
38	INSTALACIONES CASA DE MAQUINAS	387
39	LINEA TOTORAS 1	389
40	LINEA TOTORAS 2	389
41	POSICION ACOPLAMIENTO DE BARRA	392
42	REGULACION DE VELOCIDAD, ACUMULACION Y BOMBEO	462
43	CORRIENTE CONTINUA	566
44	CHIMENEA DE EQUILIBRIO	573
45	EXCITACION Y REGULADOR VOLTAJE	600
46	MEDICION PROTECCION UNIDAD	608
47	REGISTRADOR DE EVENTOS	640
48	AGUA DE ENFRIAMIENTO	680
49	CONEXION INTERRUPTOR-TRANSFORMADOR	750
50	CONEXION GENERADOR - INTERRUPTOR	752
51	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	752
52	CONTROL DIGITAL ALSTOM P320 (SCADA)	752
53	SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL SDSC	752
54	SISTEMA GENERAL DE DETECCION DE INCENDIOS	754
55	BARRAS	755
56	TURBINA	757
57	VALVULA MARIPOSA	757
58	GENERADOR	757
59	TRANSFORMADOR PRINCIPAL	757
60	CABLES DE 230 KV	757
61	AGUA DE SELLOS	935
62	CENTROS DE FUERZA Y CARGA CASA DE MAQUINAS	935
63	TUBERIA DE PRESION	937
64	PORTICO DE SALIDA	937
65	TUNEL DE RESTITUCION	938
66	SEÑALIZACION	1224
67	SISTEMA DE COMUNICACIONES	1248
68	TUNEL DE CARGA	1880

Ordenamiento jerárquico por valores de criticidad.

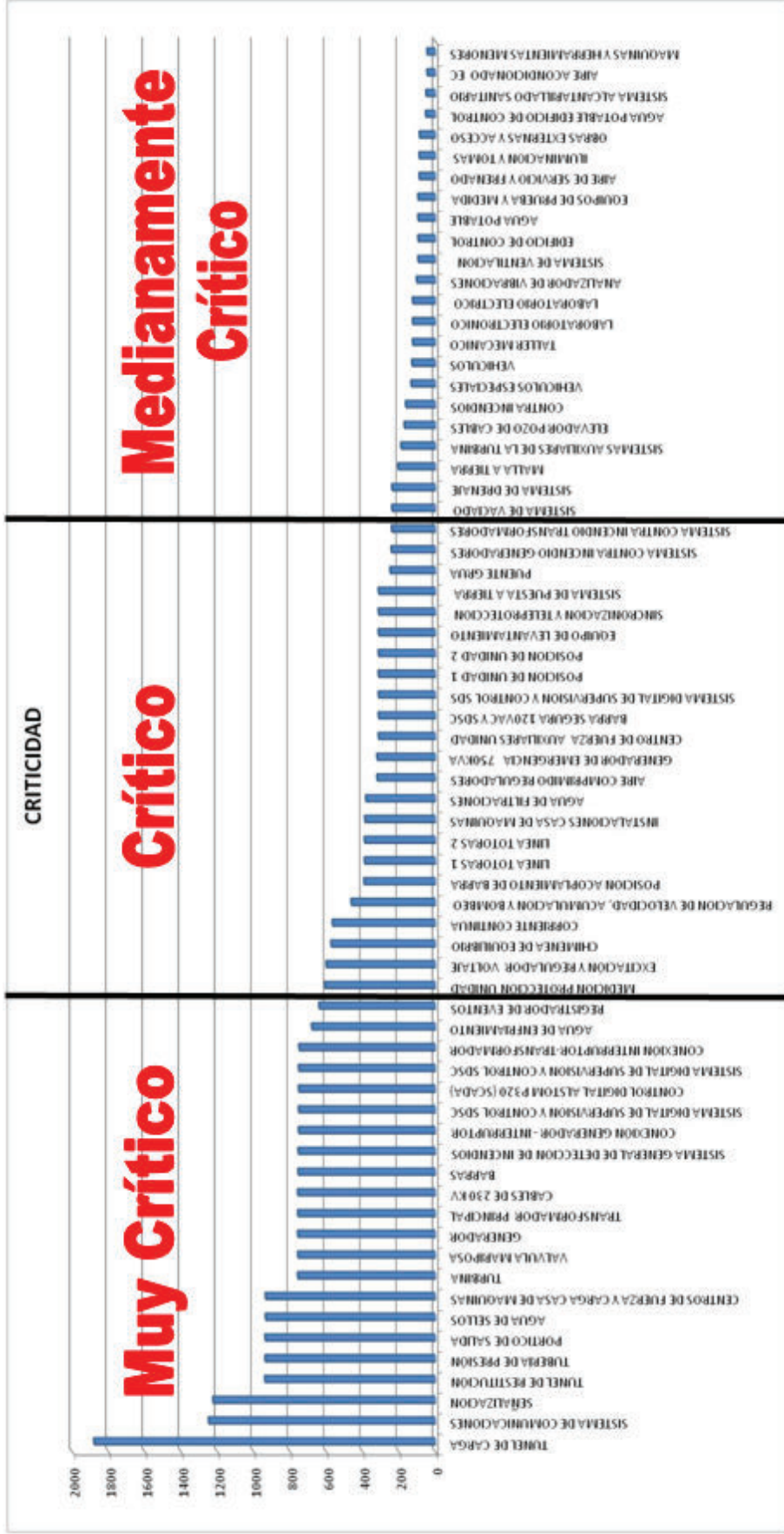


Diagrama de barras de los sistemas dividida por valores de criticidad

Anexo VI Modelo de encuesta para establecer el estado organizacional de los lugares de trabajo (personal de producción)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL										
MODELO DE ENCUESTA PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ORGANIZACIONAL DE LOS LUGARES DE TRABAJO SEGÚN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.										
<p>OBJETIVO: El objetivo de esta encuesta es evaluar el estado organizacional de la Central Hidroeléctrica San Francisco, en torno a la aplicación de las buenas practicas del Mantenimiento Productivo Total, la información obtenida sera utilizada con fines academicos para la tesis de Maestria en Gerencia Empresarial.</p>										
<p>INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente las preguntas y marque con una X en la casilla correspondiente, la respuesta que mejor describa su opinión, no deje ninguna pregunta en blanco.</p>										
<p>NOTA: Se considera DISFUNCIONAMIENTO a cualquier anomalia o inconveniente que pueda evitar el adecuado funcionamiento de una máquina o un proceso.</p>										
<p>Las respuestas deben ser contestadas en base a su opinión basadas en SU EXPERIENCIA DE TRABAJO, por tanto no hay respuestas correctas o incorrectas la escala de calificación sera:</p>										
<p>1. TOTAL DESACUERDO 2. EN DESACUERDO 3. PARCIALMENTE DE ACUERDO 4. TOTALMENTE DE ACUERDO</p>										
ENCUESTAS PARA VERIFICAR EL ESTADO ORGANIZACIONAL DE LOS LUGARES DE TRABAJO										
Fecha y hora de encuesta:										
Area de trabajo del encuetado:										
Lugar donde se realiza la encuesta:										
Nombre del Encuestador:										
Sexo Masculino <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/>										
No.	DISFUNCIONAMIENTO PERCIBIDOS EN MAQUINAS	PUNTUACIÓN								
1	¿Existen procedimientos de mantenimiento y operación de todas las maquinas y equipos criticos?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
2	Todos los sistemas de alerta de disfuncionamientos en las maquinas son adecuados?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
3	Todos los recurso para la realización del mantenimiento y la operación de las central son adecuados?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
4	Todos los lugares donde se realiza tareas de mantenimiento y operación son de facil acceso?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
5	Sus areas de trabajo le permiten una posición ergonomica adecuada en sus actividades diarias de mantenimiento y operación?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
DISFUNCIONAMIENTO EQUIPOS Y SISTEMAS DE CONTROL										
6	Todos los sistemas de control de las maquinas y equipos son adecuados y suficientes?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
7	Se realiza un adecuado analisis del tiempo de ciclo de sincronismos luego de un a intervención de mantenimiento u operación ?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
8	Se realiza un adecuado analisis de fallas o paradas de las Unidades de generación y son adecuadamente sociabilizadas?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							

9	En las Ordenes de trabajo de trabajos de operación y mantenimiento se comenta claramente los datos importantes de las intervenciones o reparaciones?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10	Todos los indicadores tanto del comportamiento de las maquinas e indicadores tecnicos de gestión operativa son comprendidos y se sabe como corregirlos?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DISFUNCIONAMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN Y LA PRODUCCIÓN		
12	Cree ud que las comunicaciones con sus clientes internos y externos es suficiente?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13	Ud participa activamente en todas las reuniones relacionadas a temas de mantenimiento y operación que Ud considera debería participar?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14	Toda la información de las politicas y objetivos de la organización son gestionadas adecuadamente para que todos tengan conocimiento de las mismas?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15	Conoce claramente cuales son las metas de la organización sus indicadores el significado de cada uno y como mejorarlos?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
16	Cree Ud que todos los problemas o disfuncionamientos de mantenimiento y operación son gestionados rapidamente para su solución?.	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
17	Esta Ud de motivado con su remuneración y las politicas de jerarquización de los puestos.?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DISFUNCIONAMIENTO EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AUTO MANTENIMIENTO		
18	Existen procedimientos de mantenimiento preventivo?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
19	Existen procedimientos de mantenimiento autonomo o automantenimiento?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
20	Los tiempos asignados al manteniminto de los equipos son los adecuados?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
21	Existen imprevistos que se dan los fines de semana?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
APLICACIÓN DE LAS 5 S		
22	(CLASIFICACIÓN). Estan todas las cosas adecuadamente clasificadas identificando lo que sirve de lo que no sirve?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
23	(ORGANIZACION). Existen lugares para cada cosa organizada y cada cosa esta en su lugar claramente identificada?	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
24	(LIMPIEZA) Todas las areas de trabajo y lugares de almacenaje estan limpias.	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
25	(ESTANDARIZACIÓN) Las ordenes de trabajo u los programas de mantenimiento establecen actividades para mantener limpias las áreas de	1 2 3 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

26	(DISCIPLINA). Se respetan las consignas y planes de limpieza establecidos así como la distribución de tareas?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
DISFUNCIONAMIENTO EN LOS SERVICIOS DE APOYO DEL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN										
27	El tiempo de respuesta de bodegas y adquisiciones es el adecuado para solucionar problemas de operación y mantenimiento?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
28	Siempre existen repuestos para realizar los trabajos de mantenimiento y Operación?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
29	La comunicación entre los servicios de apoyo (bodega y adquisiciones) para conocer las necesidades es la adecuada?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
30	Existe la presencia de los servicios de apoyo tanto adquisiciones como bodegas para trabajos realizados fuera de horario normal y fines de semana?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
31	Existe la presencia de los servicios de apoyo tanto adquisiciones como bodega en la realización de las tareas de mantenimiento y operación dentro de horarios normales?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
OBSERVACIONES GENERALES										

Anexo VII Modelo de encuesta para establecer el estado organizacional de los lugares de trabajo (adquisición inventarios)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL										
MODELO DE ENCUESTA PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ORGANIZACIONAL DE LOS LUGARES DE TRABAJO SEGÚN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.										
<p>OBJETIVO: El objetivo de esta encuesta es evaluar el estado organizacional de la Central Hidroeléctrica San Francisco, en torno a la aplicación de las buenas practicas del Mantenimiento Productivo Total, la información obtenida sera utilizada con fines academicos para la tesis de Maestria en Gerencia Empresarial.</p>										
<p>INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente las preguntas y marque con una X en la casilla correspondiente, la respuesta que mejor describa su opinión, no deje ninguna pregunta en blanco.</p>										
<p>NOTA: Se considera DISFUNCIONAMIENTO a cualquier anomalia o inconveniente que pueda ocasionar el funcionamiento adecuado de un proceos o el de una maquina.</p>										
<p>Las respuestas deben ser contestadas en base a su opinión basadas en SU EXPERIENCIA DE TRABAJO, por tanto no hay respuestas correctas o incorrectas las escala de calificación sera:</p>										
<p>1. TOTAL DESACUERDO 2. EN DESACUERDO 3. PARCIALMENTE DE ACUERDO 4. TOTALMENTE DE ACUERDO</p>										
ENCUESTAS PARA VERIFICAR EL ESTADO ORGANIZACIONAL DE LOS LUGARES DE TRABAJO										
<p>Fecha y hora de encuesta: Area de trabajo del encuetado: Lugar donde se realiza la encuesta: Nombre del Encuestador: Sexo Masculino <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/></p>										
DISFUNCIONAMIENTO LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION DESDE PUNTO DE VISTA SERVICIOS DE APOYO										
31	Existe la aplicación rigurosa de los procedimientos y normativa establecida por adquisiciones y bodegas por parte del personal de producción?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
32	Las especificaciones tecnicas establecidos por el personal de Producción para la compra y egreso de bodegas son las adecuadas?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
33	La realación cliente proveedor con el personal de producción es el adecuado?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
34	Existe una adecuada trasferencia de información entre el encargado de cada area de mantenimiento y las areas de apoyo (adquisiciones y bodegas)	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
35	La tecnologia manejada por las areas de adquisiciones y bodegas permiten realizar un trabajo adecuado con las areas de producción?	<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table>	1	2	3	4				
1	2	3	4							
OBSERVACIONES GENERALES										

Anexo VIII Entrevista a autoridades de la unidad de Negocio Hidroagoyán.

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LA GESTIÓN OPERATIVA DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA SAN FRANCISCO.

PUESTO:.....

1. ¿Cómo se maneja actualmente la gestión de la Operación y Mantenimiento de la Central San Francisco y lo recursos para dicha gestión?

.....
.....
.....
.....
.....

2. ¿Cómo es la gestión de competencias-planes de formación, planes de carrera y polivalencia (rotación) de los trabajadores de la Central San Francisco?

.....
.....
.....
.....
.....

3. ¿Cómo impulsa la gerencia la mejora continua en los procesos de mantenimiento y operación de la Central San Francisco?

.....
.....
.....
.....
.....

4. ¿Cómo se evalúa y maneja la satisfacción al cliente externo en la organización?

.....
.....
.....
.....
.....

5. ¿Cómo se manejas las áreas de producción en la operación de la Central San Francisco, relacionadas con el las áreas de apoyo bodega y adquisiciones?

.....
.....
.....
.....
.....

6. ¿Existen planes de Animación, motivación y reconocimiento a los trabajadores y como se los maneja?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. ¿Cuál son los objetivos empresariales de la empresa en miras a la excelencia empresarial?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. ¿Cree Ud. que le mantenimiento Productivo total se ajusta a estos objetivos?
¿Porque?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Si se demostrara que le mantenimiento Productivo Total incrementa la Producción de la Generación san Francisco, se podría obtener recursos para Implementar las buenas Practicas recomendadas por el TPM?

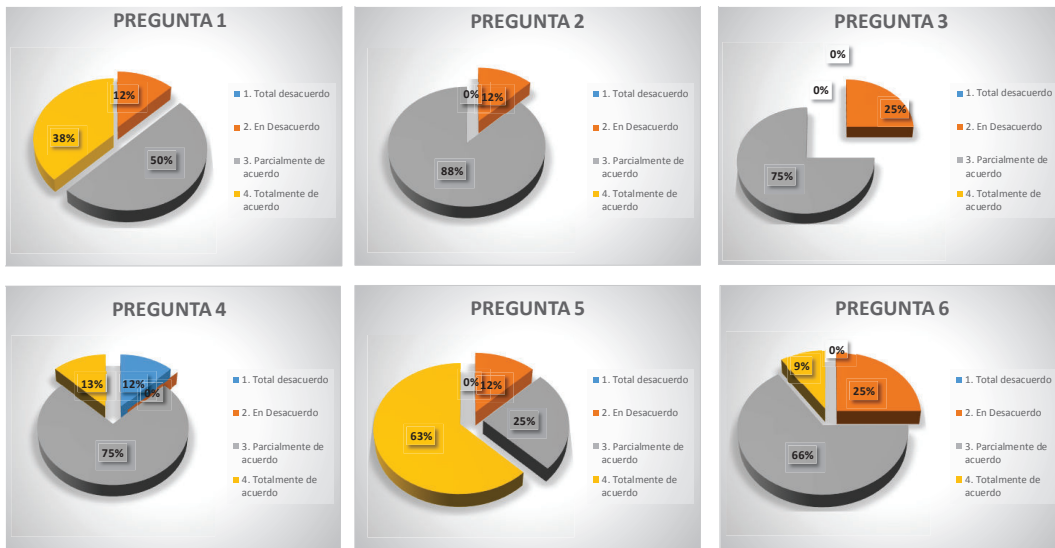
.....
.....
.....
.....
.....
.....

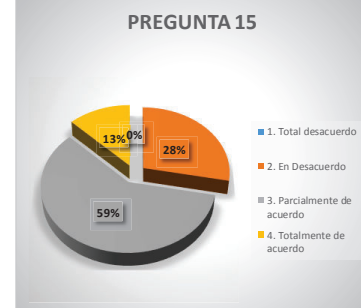
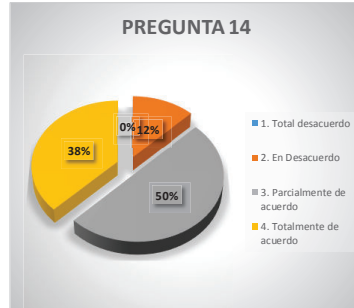
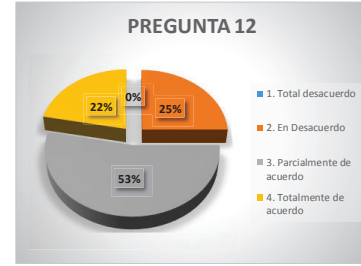
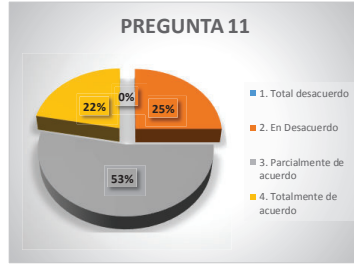
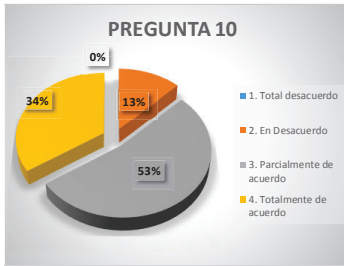
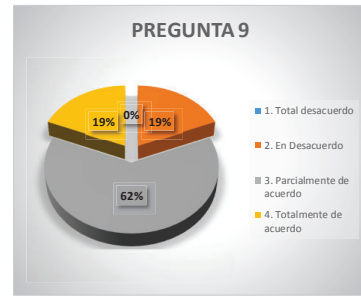
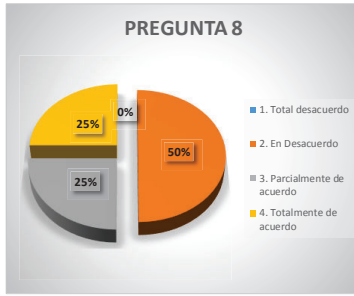
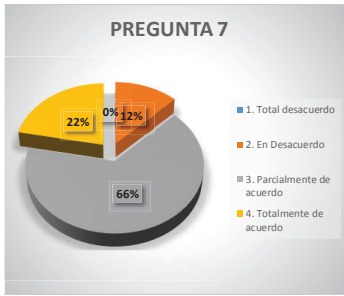
Anexo IX. Análisis de resultado de encuestas para determinar el estado organizacional de los sitios de trabajo

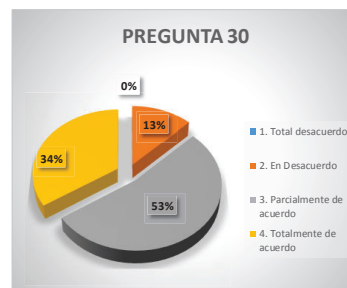
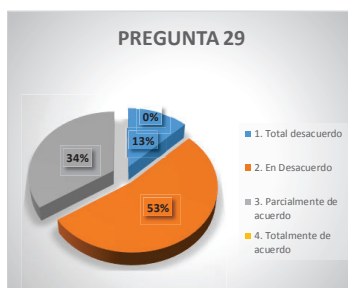
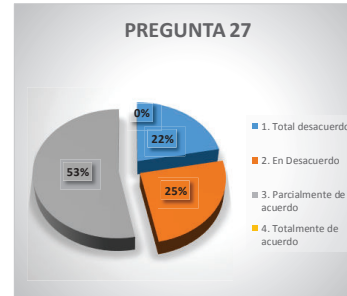
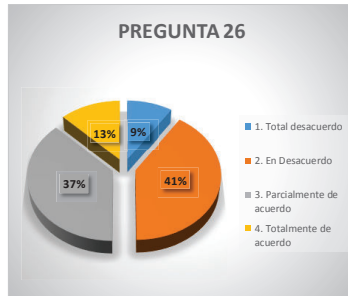
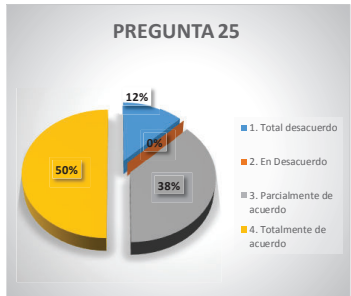
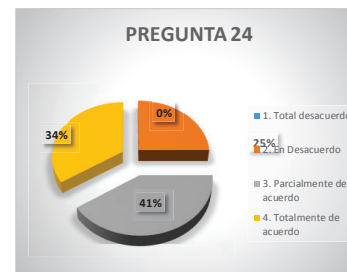
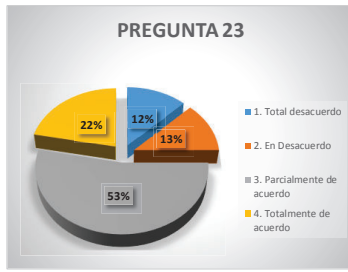
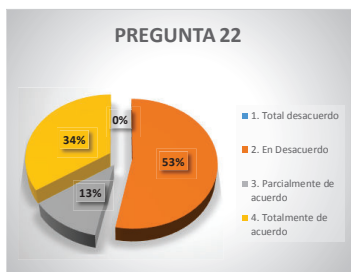
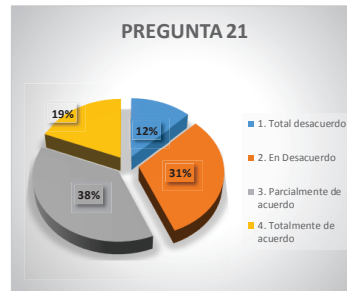
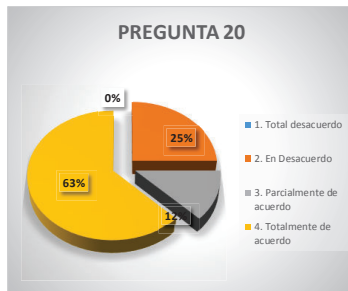
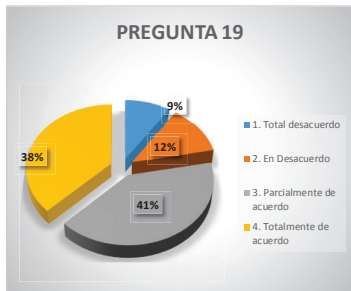
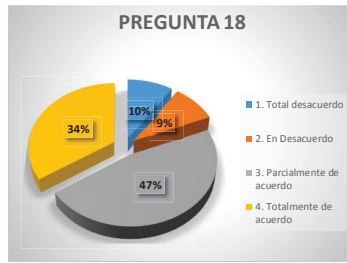
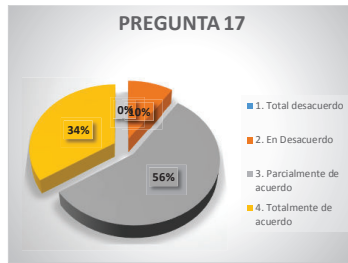
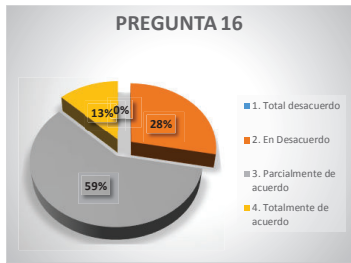
ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTAS					
No.	DISFUNCIONAMIENTO PERCIBIDOS EN MAQUINAS	RESULTADOS GLOBALES			
		CRITERIO	FRECUENCIA	%	MODA
1	¿Existen procedimientos de mantenimiento y operación de todas las maquinas y equipos criticos?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	16	50	3
		4. Totalmente de acuerdo	12	38	
		TOTAL GENERAL	32	100	
2	Todos los sistemas de alerta de disfuncionamientos en las maquinas son adecuados?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	28	88	3
		4. Totalmente de acuerdo	0	0	
		TOTAL GENERAL	32	100	
3	Todos los recurso para la realización del mantenimiento y la operación de las central son adecuados?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	24	75	3
		4. Totalmente de acuerdo	0	0	
		TOTAL GENERAL	32	100	
4	Todos los lugares donde se realiza tareas de mantenimiento y operación son de facil acceso?	1. Total desacuerdo	4	13	
		2. En Desacuerdo	0	0	
		3. Parcialmente de acuerdo	24	75	3
		4. Totalmente de acuerdo	4	13	
		TOTAL GENERAL	32	100	
5	Sus areas de trabajo le permiten una posición ergonomica adecuada en sus actividades diarias de mantenimiento y operación?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	8	25	
		4. Totalmente de acuerdo	20	63	4
		TOTAL GENERAL	32	100	
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS		PROME	3,2	3	
DISFUNCIONAMIENTO EQUIPOS Y SISTEMAS DE CONTROL					
6	Todos los sistemas de control de las maquinas y equipos son adecuados y suficientes?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	21	66	3
		4. Totalmente de acuerdo	3	9	
		TOTAL GENERAL	32	100	
7	Se realiza un adecuado analisis del tiempo de ciclo de sincronismos luego de un a intervención de mantenimiento u operación ?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	21	66	3
		4. Totalmente de acuerdo	7	22	
		TOTAL GENERAL	32	100	
8	Se realiza un adecuado analisis de fallas o paradas de las Unidades de generación y son sdecuadamente sociabilizadas?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	16	50	2
		3. Parcialmente de acuerdo	8	25	
		4. Totalmente de acuerdo	8	25	
		TOTAL GENERAL	32	100	
9	En las Ordenes de trabajo de trabajos de operación y mantenimiento se comenta claramente los datos importantes de las intervenciones o reparaciones?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	6	19	
		3. Parcialmente de acuerdo	20	63	3
		4. Totalmente de acuerdo	6	19	
		TOTAL GENERAL	32	100	
10	Todos los indicadores tanto del comportamiento de las maquinas e indicadores tecnicos de gestión operativa son comprendidos y se sabe como corregirlos?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	
		TOTAL GENERAL	32	100	
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS		PROME	2,8	3	
DISFUNCIONAMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN Y LA PRODUCCIÓN					
11	Cree ud que las comunicaciones con sus clientes internos y externos es suficiente?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	7	22	
		TOTAL GENERAL	32	100	
12	Ud participa activamente en todas las reuniones relacionadas a temas de mantenimiento y operación que Ud considera debería participar?	1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	7	22	
		TOTAL GENERAL	32	100	

13	Toda la información de las políticas y objetivos de la organización son gestionadas adecuadamente para que todos tengan conocimiento de las mismas?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	12	38	3
		4. Totalmente de acuerdo	12	38	
TOTAL GENERAL		32	100		
14	Conoce claramente cuales son las metas de la organización sus indicadores el significado de cada uno y como mejorarlos?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	16	50	3
		4. Totalmente de acuerdo	12	38	
TOTAL GENERAL		32	100		
15	Cree Ud que todos los problemas o disfuncionamientos de mantenimiento y operación son gestionados rapidamente para su solución.?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	9	28	
		3. Parcialmente de acuerdo	19	59	3
		4. Totalmente de acuerdo	4	13	
TOTAL GENERAL		32	100		
16	Esta Ud de motivado con su remuneración y las políticas de jerarquización de los puestos.?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	3	9	
		3. Parcialmente de acuerdo	18	56	
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	4
TOTAL GENERAL		32	100		3,2
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS			PROME	3,2	3
DISFUNCIONAMIENTO EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AUTO MANTENIMIENTO					
17	Existen procedimientos de mantenimiento preventivo?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	2
		3. Parcialmente de acuerdo	8	25	
		4. Totalmente de acuerdo	16	50	
TOTAL GENERAL		32	100		
18	Existen procedimientos de mantenimiento autonomo o automantenimiento?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	3	9	
		2. En Desacuerdo	3	9	
		3. Parcialmente de acuerdo	15	47	3
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	
TOTAL GENERAL		32	100		
19	Los tiempos asignados al mantenimiento de los equipos son los adecuados?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	3	9	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	13	41	3
		4. Totalmente de acuerdo	12	38	
TOTAL GENERAL		32	100		
20	Existen imprevistos que se dan los fines de semana?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	4	13	
		4. Totalmente de acuerdo	20	63	4
TOTAL GENERAL		32	100		
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS			PROME	3,0	3
APLICACIÓN DE LAS 5 S					
21	(CLASIFICACIÓN). Estan todas las cosas adecuadamente clasificadas identificando lo que sirve de lo que no sirve?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	4	13	
		2. En Desacuerdo	10	31	2
		3. Parcialmente de acuerdo	12	38	
		4. Totalmente de acuerdo	6	19	
TOTAL GENERAL		32	100		
22	(ORGANIZACIÓN). Existen lugares para cada cosa organizada y cada cosa esta en su lugar claramente identificada?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	17	53	2
		3. Parcialmente de acuerdo	4	13	
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	
TOTAL GENERAL		32	100		
23	(LIMPIEZA) Todas las areas de trabajo y lugares de almacenaje estan limpias.	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	4	13	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	7	22	
TOTAL GENERAL		32	100		
24	(ESTANDARIZACIÓN) Las ordenes de trabajo u los programas de mantenimiento establecen actividades para mantener limpias las áreas de trabajo?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	13	41	3
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	
TOTAL GENERAL		32	100		
25	(DISCIPLINA). Se respetan las consignas y planes de limpieza establecidos asi como la distribucion de tareas?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	4	13	
		2. En Desacuerdo	0	0	
		3. Parcialmente de acuerdo	12	38	
		4. Totalmente de acuerdo	16	50	4
TOTAL GENERAL		32	100		
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS			PROME	2,8	3

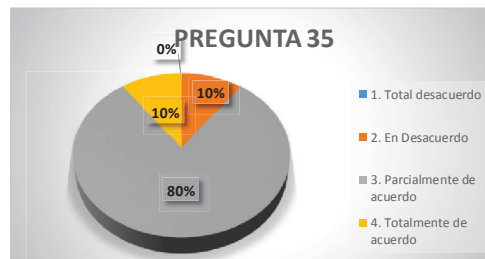
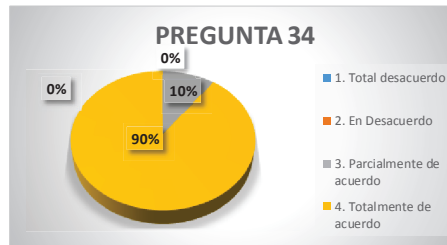
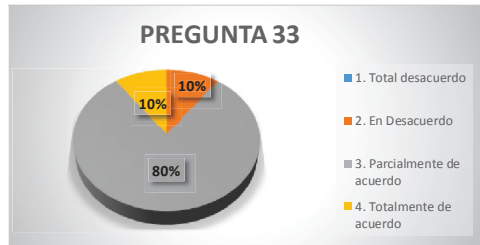
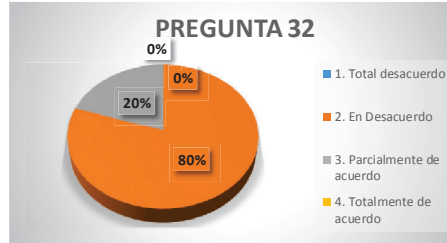
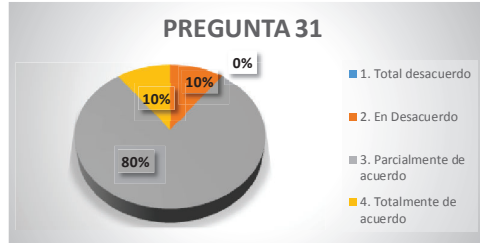
DISFUNCIONAMIENTO EN LOS SERVICIOS DE APOYO DEL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN					
26	El tiempo de respuesta de bodegas y adquisiciones es el adecuado para solucionar problemas de operación y mantenimiento?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	3	9	
		2. En Desacuerdo	13	41	2
		3. Parcialmente de acuerdo	12	38	
		4. Totalmente de acuerdo	4	13	
TOTAL GENERAL		32	100		
27	Siempre existen repuestos para realizar los trabajos de mantenimiento y Operación?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	7	22	
		2. En Desacuerdo	8	25	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	0	0	
TOTAL GENERAL		32	100		
28	La comunicación entre los servicios de apoyo (bodega y adquisiciones) para conocer las necesidades es la adecuada?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	18	56	2
		3. Parcialmente de acuerdo	8	25	
		4. Totalmente de acuerdo	6	19	
TOTAL GENERAL		32	100		
29	Existe la presencia de los servicios de apoyo tanto adquisiciones como bodegas para trabajos realizados fuera de horario normal y fines de semana?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	4	13	
		2. En Desacuerdo	17	53	2
		3. Parcialmente de acuerdo	11	34	
		4. Totalmente de acuerdo	0	0	
TOTAL GENERAL		32	100		
30	Existe la presencia de los servicios de apoyo tanto adquisiciones como bodega en la realización de las tareas de mantenimiento y operación?	CRITERIO	FRECUENCIA	%	
		1. Total desacuerdo	0	0	
		2. En Desacuerdo	4	13	
		3. Parcialmente de acuerdo	17	53	3
		4. Totalmente de acuerdo	11	34	
TOTAL GENERAL		32	100		
TOTAL GENERAL DISFUNCIONAMIENTO MAQUINAS			PROME 2,4	2	
TOTAL	FRECUENCIA MODAL				
1	0	CONCLUSIÓN GENERAL		PROMEDIO GENERAL 3	
2	7	PARCIALMENTE DE ACUERDO			
3	19				
4	4				









ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTAS			
DISFUNCIONAMIENTO LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION DESDE PUNTO DE VISTA SERVICIOS DE APOYO			
31	Existe la aplicación rigurosa de los procedimientos y normativa establecida por adquisiciones y bodegas por parte del personal de producción?	CRITERIO	FRECUENCIA
		1. Total desacuerdo	0
		2. En Desacuerdo	4
		3. Parcialmente de acuerdo	9
		4. Totalmente de acuerdo	3
TOTAL GENERAL		16	100
32	Las especificaciones técnicas establecidos por el personal de Producción para la compra y egreso de bodegas son las adecuadas?	CRITERIO	FRECUENCIA
		1. Total desacuerdo	0
		2. En Desacuerdo	4
		3. Parcialmente de acuerdo	9
		4. Totalmente de acuerdo	3
TOTAL GENERAL		16	100
33	La relación cliente proveedor con el personal de producción es el adecuado?	CRITERIO	FRECUENCIA
		1. Total desacuerdo	0
		2. En Desacuerdo	4
		3. Parcialmente de acuerdo	9
		4. Totalmente de acuerdo	3
TOTAL GENERAL		16	100
34	Existe una adecuada transferencia de información entre el encargado de cada área de mantenimiento y las áreas de apoyo (adquisiciones y bodegas)?	CRITERIO	FRECUENCIA
		1. Total desacuerdo	0
		2. En Desacuerdo	4
		3. Parcialmente de acuerdo	9
		4. Totalmente de acuerdo	3
TOTAL GENERAL		16	100
35	La tecnología manejada por las áreas de adquisiciones y bodegas permiten realizar un trabajo adecuado con las áreas de producción?	CRITERIO	FRECUENCIA
		1. Total desacuerdo	0
		2. En Desacuerdo	4
		3. Parcialmente de acuerdo	9
		4. Totalmente de acuerdo	3
TOTAL GENERAL		16	100



Anexo X. Personal para las encuestas en la central San Francisco.

No.	N° CED. IDENTIDAD	NOMBRE	UBICACIÓN	CARGO CONTRATO ACTUALES
1	1102621941	ERAS TANDAZO MARÍA AUGUSTA	CENTRAL SAN FRANCISCO	ASISTENTE ADMINISTRATIVA (SECRETARIA)
2	1803595329	GAVILANEZ ESPINOZA LUIS ALBERTO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(BODEGA) ASISTENTE INVENTARIOS Y BODEGAS
3	1803467545	PAZMIÑO PAREDES JONATHAN ISRAEL	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) ASISTENTE TECNICO 6 MANTENIMIENTO MECANICO
4	1800882662	FLOR ARQUI SEGUNDO MANUEL	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) AUXILIAR DE MANTENIMIENTO CIVIL
5	1600520710	BASTIDAS GAMBOA JUAN CARLOS	CENTRAL SAN FRANCISCO	AUXILIAR DE SERVICIOS
6	1721881157	REVELO SARANGO ROSALIA BELEN	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRICO) ESPECIALISTA MANTENIMIENTO ELECTRICO
7	1705580155	MUÑOZ NAVARRO JOSE SANTIAGO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(BODEGA) ESPECIALISTA DE BODEGAS E INVENTARIOS
8	1800933119	SALAS ALVAREZ GERMÁNICO ISRAEL	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO CIVIL
9	1716543408	PAEDES PAZMIÑO JUAN CARLOS	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRONICO) ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO ELECTRONICO
10	0604376558	DIAZ SANCHEZ MARCO EDUARDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO MECANICO
11	0502524978	BEDON SALAZAR JUAN CARLOS	CENTRAL SAN FRANCISCO	(OPERACIÓN) ESPECIALISTA DE OPERACIÓN
12	1803187077	LEON GUERRERO IVAN RODRIGO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(OPERACIÓN) ESPECIALISTA DE OPERACIÓN
13	0401468111	MOLINA SALAZAR CARLOS ANDRES	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRONICO) ESPECIALISTA MANTENIMIENTO ELECTRONICO
14	1704064060	BURGOS TAPIA RICARDO ROGELIO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) JEFE DE MANTENIMIENTO MECANICO
15	1801567577	PROAÑO ARIAS VÍCTOR GUILLERMO	CENTRAL SAN FRANCISCO	MEDICO
16	1600392722	CHICAIZA CHICAIZA LUIS CORAZÓN	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
17	1600527186	AGUIRRE TIPAN ABRAHAM RAFAEL	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
18	1600361297	CASCO MANOBANDA MIGUEL ABELARDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
19	1600355356	HERRERA POZO JORGE RUPERTO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
20	1600335481	MONTERO ZUÑIGA EDUARDO IVAN	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
21	1600278483	PEREZ VILLAMARIN LENIN FERNANDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(CIVIL) MISCELANEO
22	1600317422	ARGOTIVEIRA JUAN CARLOS	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
23	1705645651	ASIMBAYA LUJE LUIS FAUSTO	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
24	0603587163	ASQUI SANTILLAN SAMUEL ALEJANDRO	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
25	1804184974	BARRERA PALMA CARLOS EDUARDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
26	1803874666	NUÑEZ CUESTA LEANDRO TOMAS	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
27	0502477631	ONA ORDONEZ LUIS JUNIOR	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
28	1804266904	PAEDES CURIPALLO DIEGO VLADIMIR	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
29	604950634	SANTOS MIRANDA JAIRO OLDEMAR	CENTRAL SAN FRANCISCO	OPERADOR
30	0602943375	BEDON OCAÑA JOSE VINICIO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRICO) TECNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO
31	1600577017	SANCHEZ CARDENAS DANIEL OSWALDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRICO) TECNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO
32	1803371895	GUAMAN TITE DARIO XAVIER	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRICO) TECNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO
33	0704497775	OJEDA MARQUEZ CRISTIAN XAVIER	CENTRAL SAN FRANCISCO	(ELECTRONICO) TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO
34	1804038022	SANGUCHO YANCHAPANTA EDGAR ROLANDO	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) TECNICO DE MANTENIMIENTO MECANICO
35	1803743812	CARRASCO URQUIZO WILLIAM ADRIAN	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECANICO
36	1803297397	LOPEZ ROJANO JOSE DANIEL	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECANICO
37	1803121837	NARANJO SILVA FRANCISCO ALEXANDER	CENTRAL SAN FRANCISCO	(MECANICO) TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECANICO

Anexo XI. Instrucción sobre planificación y gestión de la producción.

 <p>GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR</p>	 <p>CELEC EP Corporación Eléctrica del Ecuador</p>	<p>Panamericana Norte Km. 7 1/2 Sector Capullopamba PBX: (593 7) 3700100 RUC: 1768152800001 www.celec.com.ec Cuenca - Ecuador</p>
<p>MEMORANDO No. CELEC EP-MAT-GGE-1623-13 Cuenca, 10 de julio de 2013</p> <p>PARA: Ing. Alberto Cruz GERENTE TERMOESMERALDAS</p> <p>Ing. Carlos Balda GERENTE ELECTROGUAYAS</p> <p>Ing. David Balseca GERENTE TERMOGAS MACHALA</p> <p>Ing. Juan Carlos López GERENTE TERMOPICHINCHA</p> <p>Ing. Patricio Freire Sosa GERENTE HIDROPAUTE (E)</p> <p>Ing. Mauricio Caicedo GERENTE HIDROAGOYÁN</p> <p>Ing. Juan Saavedra GERENTE HIDRONACIÓN</p> <p>Ing. Marcelo Espin GERENTE GENSUR (E)</p> <p>DE: Ing. Modesto Salgado Rodríguez GERENTE GENERAL SUBROGANTE</p> <p>ASUNTO: Instrucciones sobre Planificación y Gestión de la Producción.</p> <p>Dentro de las causas que provocan altas indisponibilidades, están los incumplimientos de los plazos establecidos para la ejecución de las paradas mayores de las centrales, este fenómeno ha sido estudiado a nivel mundial y se ha determinado que los problemas se derivan, entre otros, por la falta o la deficiente planificación de las mismas. Dentro de esto también impacta un deficiente sistema de mantenimiento predictivo y de inspecciones que no permite identificar con más precisión el alcance de los trabajos o los riesgos que se podrían presentar durante la ejecución.</p> <p>Otro mecanismo para disminuir las indisponibles no programadas, originadas por las diversas fallas que pueden presentarse, es el mantener un minucioso y prolijo sistema de monitoreo y registro de parámetros, datos y eventos, que permita por una parte, prever la ocurrencia de las fallas; y, en el caso de presentarse una, ejecutar inmediatamente el análisis de las causas raíz, que facilite la solución y evitar la ocurrencia de fallas futuras.</p> <p>Para cubrir, en parte, estas deficiencias y contribuir a evitar en gran medida las indisponibilidades, se establecen las siguientes instrucciones de cumplimiento obligatorio, cabe señalar que varias instrucciones son nuevas y otras ya estaban en vigencia:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Las Unidades de Negocio, prepararán y enviarán a la Dirección de Generación, hasta el lunes 19 de agosto de 2013, la planificación macro de todos los mantenimientos o intervenciones programados que requieran más de 5 días de indisponibilidad de las unidades de generación, con un horizonte de 10 años.		

2. La planificación de las paradas mayores deberá estar lista con un año de anticipación al inicio de las mismas, la cual debe incluir el plan de compra de repuestos y materiales, la contratación de servicios especializados, la programación de las actividades que debe contener la elaboración de las órdenes de trabajo más sensibles. La memoria de la planificación de la parada mayor y su programa, deberán enviarse a la Dirección de Generación, un año antes del inicio de la ejecución de la misma.
3. La planificación de la ejecución de cada parada mayor o anual con el programa en detalle, deberá estar lista y enviada a la Dirección de Generación con un mes de anticipación al inicio de las mismas.
4. La Dirección de Generación elaborará el Instructivo o modelo para la Planificación de Paradas de Planta, hasta el lunes 09 de septiembre de 2013.
5. Las Unidades de Negocio continuarán enviando, semanalmente a la Dirección de Generación, la información solicitada en los formatos:
 - a. Informe de estado de unidades (de todas las unidades de generación).
 - b. Reportes de transferencia de combustibles (de las unidades de generación termoelectricas que consumen combustibles líquidos).
6. Las Unidades de Negocio enviarán, mensualmente a la Dirección de Generación, informes ejecutivos que contengan:
 - a. El avance de los procesos precontractuales y de los contratos para la compra de repuestos o servicios especializados asociados a los trabajos de mantenimiento planificados.
 - b. El reporte de Índices, de acuerdo al Instructivo **actualizado: SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN**, que se adjunta.
 - c. Reporte de novedades de la operación y mantenimientos ejecutados.
 - d. Programa de mantenimientos mayores previo a ejecución, conforme a lo dispuesto en el numeral 3.
 - e. Informes de los mantenimientos mayores y anuales, luego de un mes de su ejecución.
7. La Dirección de Generación, incluirá en su informe mensual, índices de cumplimiento de estas disposiciones, por cada Unidad de Negocio.


Atentamente,



Ing. Modesto Salgado Rodríguez
**GERENTE GENERAL SUBROGANTE
EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA
CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP**

Adj. Instructivo actualizado.

c.c. Director de Generación
Jefe Departamento de Producción
Subgerentes de Producción

	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO: CEL-INS-OGM- 001
		FECHA: 13/06/2013
	Revisado por: Ing. Jorge Goyes Aprobado por: Ing. Modesto Salgado	




**EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA
CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR
CELEC EP**

DIRECCIÓN DE GENERACIÓN

**INSTRUCTIVO: SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA
EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS
CENTRALES DE GENERACIÓN**

JULIO 2013

	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO: CEL-INS-DGN-001
		FECHA: 13/06/2013
Revisado por: Ing. Jorge Goyes Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		

CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR - CELEC EP
**INSTRUCTIVO: SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE
GENERACIÓN**

1. PROPÓSITO

Este instructivo define los conceptos básicos y unificados para el desarrollo de informes de gestión técnica de operación y mantenimiento de las centrales de generación a cargo de la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC EP, información que se genera y procesa diariamente en las actividades de producción de energía eléctrica y que constituye la principal herramienta para la ejecución del seguimiento diario de las Unidades de Negocio, que desarrolla la Dirección de Generación.

2. ALCANCE

Definir y unificar los conceptos y fórmulas técnicas que serán utilizadas en los formatos de reporte de resultados de la gestión de operación y producción a ser entregados mensualmente por parte de las unidades de negocio a Matriz, que permita bajo un criterio único e integral conocer el desarrollo y desempeño de la gestión sobre la base de indicadores de gestión técnicos y específicos de cada una de las centrales de generación.


3. RESPONSABILIDADES

Las Unidades de Negocio son responsables de la gestión técnica de operación y mantenimiento de las centrales a su cargo y reportarán mensualmente la información solicitada, la misma será consignada en los formatos establecidos para el efecto (ver anexos).

Las Subgerencias de Producción de cada Unidad de Negocio son responsables de los procesos de operación y mantenimiento de las centrales de generación bajo su cargo y delegarán a los jefes de cada central la consolidación y validación de la información.

La Dirección de Generación de CELEC EP, será responsable de realizar el análisis y seguimiento mensual de la gestión técnica de operación y mantenimiento.



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL-INS-DGN-001
		FECHA:
	Revisado por: Ing. Jorge Goyes	13/06/2018
	Aprobado por: Ing. Modesto Salgado	

4. TIPO DE INFORMACIÓN REQUERIDA

El análisis de la gestión técnica se realizará sobre la base de la revisión de información e índices importantes asociados con la operación y mantenimiento de las unidades de generación enviados por las Unidades de Negocio.

La información deberá ser consignada en cada planta de generación en los formatos de seguimiento que forman parte de este instructivo, sin aplicar ningún cambio en los mismos, puesto que los datos serán procesados de manera automática para su posterior interpretación.

Los formatos básicos para el seguimiento de la gestión técnica de cada planta son los que se explican en los siguientes numerales.


5. FORMATO DE REPORTE DE PRODUCCIÓN, ANEXO 01

En este formato se incluyen los siguientes parámetros:

5.1 POTENCIA:

- **Potencia nominal (MW).**- Valor especificado en la placa característica de la máquina que indica la potencia máxima en servicio continuo para la cual ha sido diseñada.
- **Potencia efectiva (MW).**- Es la potencia que brinda la unidad de generación bajo parámetros nominales, bajo las condiciones medio ambientales del lugar de instalación de la unidad de generación. Este valor es declarado al CENACE.
- **Carga máxima (MW).**- Es la potencia máxima de generación alcanzada durante el mes.
- **Carga mínima (MW).**- Es la potencia mínima de generación alcanzada durante el mes.
- **Carga promedio (MW).**- Es la potencia equivalente o promedio del mes, calculada sobre la base de la energía bruta producida en el mes dividida para las horas del período mensual.
- **Carga máxima reactiva (MVAR).**- Es la potencia reactiva máxima generada durante el mes.
- **Carga mínima reactiva (MVAR).**- Es la potencia reactiva mínima generada durante el mes.
- **Carga promedio reactiva (MVAR).**- Es la potencia reactiva equivalente o promedio del mes, calculada sobre la base de la energía reactiva producida en el mes dividida para las horas del período mensual.



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL-INS-DGN-001
		FECHA:
Revisado por: Ing. Jorge Goyes		13/06/2013
Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		

5.2 BALANCE ENERGÉTICO:


- **Energía bruta (MWh).**- Es la cantidad de energía activa total producida por una unidad de generación, medida a la salida de los bornes.
- **Energía neta (MWh).**- Resulta de la diferencia entre la Energía Bruta y consumo interno de auxiliares de cada unidad.
- **Consumo de auxiliares internos (MWh).**- Es la energía activa consumida en cada unidad de generación para su proceso de producción.
- **Consumo de auxiliares externos (MWh).**- Es la energía activa tomada de la red externa a la planta para consumo interno.
- **Porcentaje de consumo de auxiliares (%).**- Es la energía activa consumida por la planta dividida para la energía bruta de la central, expresada en porcentaje.
- **Volumen turbinado (Hm³).**- Total de metros cúbicos turbinados durante el período.
- **Consumo específico del agua (m³/MWh).**- Volumen de agua turbinado dividido para la energía bruta generada en el período.
- **Combustible pesado consumido (gl).**- Cantidad de combustible fuel oil 4, fuel oil 6 o residuo usado para la generación de energía en el período, expresado en galones.
- **Diésel consumido (gl):** Cantidad de combustible diésel usado para la generación de energía en el período, expresado en galones.
- **Gas consumido (MPC):** Cantidad de combustible gas (millones de pies cúbicos) usado en el período para la generación de energía.
- **Rendimiento combustible pesado (kWh/gl):** Relación entre la energía bruta generada en el período y el consumo de fuel oil 4, fuel oil 6 o residuo en el mismo período, expresado en galones o millones de pies cúbicos.
- **Rendimiento diésel (kWh/gl):** Relación entre la energía bruta generada en el período y el consumo de diésel en el mismo período.
- **Rendimiento gas (MWh/MPC):** Relación entre la energía bruta generada y el consumo de gas en el mismo período.
- **Consumo específico (BTU/kWh):** Relación de la energía contenida en el combustible consumido y la energía bruta generada en el período expresada en BTU's por kWh.

5.3 DISPONIBILIDAD E INDISPONIBILIDAD:

DISPONIBILIDAD:

- **Sincronismo normal (h):** Horas acumuladas de operación normal en el mes.
- **Sincronismo de prueba (h):** Horas acumuladas de operación en el mes en las cuales la unidad es declarada en prueba para revisión en línea.

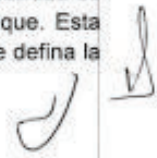



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO: CEL-INS-DGN-001
		FECHA: 13/06/2013
Revisado por: Ing. Jorge Goyes		
Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		

- **Sincronismo mes actual (h):** Horas de sincronismo normal más horas de sincronismo en prueba del mes
- **Sincronismo acumulado al mes anterior (h):** Horas de operación acumuladas hasta el mes anterior.
- **Sincronismo acumulado total (h):** Horas de operación acumulada, incluidas las del período en estudio.
- **Disponible en reserva (h):** Horas acumuladas fuera de servicio, a disponibilidad del CENACE.
- **Disponibilidad restringida (h):** Son las horas en que una unidad de generación no puede operar a su capacidad efectiva por causas propias o externas.
- **Horas de operación luego del último mantenimiento anual.-** Son las horas totales en operación de una unidad desde su primera sincronización a partir de su último mantenimiento anual.
- **Horas de operación luego del último mantenimiento mayor.-** Son las horas totales en operación de una unidad desde su primera sincronización a partir de su último mantenimiento mayor (overhaul).

5.4 INDISPONIBILIDAD:

- **Mantenimiento programado/preventivo (h).-** Horas de mantenimiento programado autorizado por el CENACE.
- **Mantenimiento programado extendido (h).-** Horas adicionales ocupadas a un mantenimiento programado.
- **Total mantenimiento programado (h).-** son las horas sumadas de todos los mantenimientos programados.
- **Mantenimiento correctivo/forzado/emergente (h):** Horas de mantenimiento no previsto para atender cualquier desperfecto o falta de algún suministro que obligó a sacar la unidad de operación para su corrección. La fecha y hora de salida y entrada en línea deben ser coordinadas con el CENACE.
- **Mantenimiento correctivo/forzado/emergente extendido (h):** Horas adicionales ocupadas en un mantenimiento de la característica inmediata anterior.
- **Total mantenimiento correctivo (h).-** son las horas sumadas de todos los mantenimientos correctivos.
- **Indisponibilidad forzada por falla en arranque (h):** Horas de indisponibilidad de la unidad de generación producto de una falla en el proceso de arranque. Esta indisponibilidad derivaría en un mantenimiento correctivo una vez que se defina la causa de la falla.



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL/RS-DGN-001
Revisado por: Ing. Jorge Goyes		FECHA:
Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		13/06/2013

- **Indisponibilidad forzada por disparo (h):** Horas de indisponibilidad producto de un disparo de la unidad de generación. Esta indisponibilidad derivaría en un mantenimiento correctivo una vez que se defina la causa del disparo.
- **Indisponibilidad causas externas (h):** Horas de indisponibilidad debido a causas externas que incidieron en el normal desempeño de la unidad de generación. No se considerará la falta de insumos (combustible, agua, etc.)
- **Tiempo Total de Indisponibilidad (h):** Se define como la suma de las horas de mantenimiento preventivo, horas de mantenimiento correctivo, horas por fallas externas, horas por indisponibilidad forzada por disparos y fallas en el arranque. **Este valor total deberá ser igual al valor declarado en anexo 02 INDISPONIBILIDADES, en donde se detallan todas las indisponibilidades.**
- **Número de arranques exitosos (No.):** Número de arranques que siguen la secuencia normal de puesta en servicio de la unidad, dentro del tiempo declarado ante el CENACE.
- **Número de arranques fallidos (No.):** Número de Intentos de puesta en servicio de la unidad de generación que no cumplen con la secuencia normal de arranque.

5.5 INDICADORES:

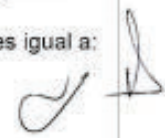
5.5.1. Índice de Disponibilidad (%): Es el porcentaje de tiempo del periodo en el cual una unidad de generación es capaz de proporcionar el servicio, ya sea que el sistema precise o no de su funcionamiento.


$$ID = \frac{HP - (HFFI + HFFE + HMC_{Cor, For, Emerg} + HMProg + HER)}{HP} * 100$$

Dónde:

HP: Horas del período.
HFFI: Horas fuera de servicio por fallas internas, incluyen las horas por indisponibilidad forzada por disparo y falla en el arranque.
HFFE: Horas fuera de servicio por fallas externas.
HMC_{Cor, For, Emerg}: Horas de mantenimiento correctivo, forzado, emergente.
HMProg: Horas de mantenimiento programado.
HER: Horas equivalentes de disponibilidad restringida, es igual a: $((P_{max} - Pr)tr) / P_{max}$.

Dónde:



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL-INS-DGN-001
		FECHA:
	Revisado por: Ing. Jorge Goyes	13/06/2013
	Aprobado por: Ing. Modesto Salgado	

P_{max}: Potencia máxima disponible;
P_r: Potencia restringida;
t_r: Periodo en donde se presentó la restricción.

5.5.2 Índice de Confiabilidad (%): Es el porcentaje de tiempo del período en el cual una unidad de generación es capaz de operar sin salir de servicio motivada por fallas internas.

$$IC = \frac{(HP - HMProg) - (HFFI + HMCor, For, Emerg.)}{(HP - HMProg)} * 100$$

Dónde:
HP: Horas del Periodo
HMProg: Horas de Mantenimiento programado.
HFFI: Horas fuera de servicio por fallas internas, incluyen las horas por indisponibilidad forzada por disparo y falla en el arranque.
HMCor, For, Emerg: Horas fuera de servicio por Mantenimiento Correctivo, Forzado, o Emergente.

5.5.3 Factor de Carga (%): Se define como el valor en porcentaje calculado en todo el periodo, de la relación entre la carga promedio mensual y la potencia efectiva de la unidad de generación.

5.5.4 Factor de Utilización: (%): Es el valor en porcentaje definido como la relación entre las horas de sincronismo del mes actual de una unidad de generación y las horas totales del periodo.

Los indicadores: disponibilidad, confiabilidad, factor de carga, factor de utilización por unidad de generación serán utilizados para obtener iguales indicadores por planta, para el efecto éstos serán calculados de manera ponderada: sumando los productos de los indicadores por la potencia efectiva de cada unidad asociada y dividiendo el resultado para la potencia efectiva de la planta. Se deberá evitar calcular promedios sobre todo en centrales con unidades con distintas potencias nominales.

5.5.5 Factor de Planta (%): Es el valor en porcentaje definido como la relación entre la energía bruta generada por la planta en el periodo de estudio y la energía que puede



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO: CEL-INS-OGM-001
		FECHA: 13/06/2013
Revisado por: Ing. Jorge Goyes		
Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		

producir durante todas las horas del período, sumando las potencias efectivas de las unidades que la componen.

5.5.6 Indicador de tiempo promedio para fallar (TPPF): Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo medido desde el primero de enero hasta la fecha de reporte, de manera acumulativa. Este indicador será calculado para cada unidad de generación.

$$TPPF = \frac{\text{TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO}}{\text{NÚMERO DE FALLOS}}$$

- **TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (h).**- Son las Horas de sincronismo de cada unidad de generación acumuladas desde el primero de enero hasta el mes de reporte.
- **NÚMERO DE FALLOS (#).**- Es la cantidad de fallos ocurridos en la unidad de generación, desde el primero de enero hasta el mes de reporte.


5.5.7 Indicador de tiempo promedio para reparar (TPPR): Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Dicho de otra manera, el TPPR mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo comprendido desde el primero de enero hasta el mes de reporte. Este indicador será calculado para cada unidad de generación.

$$TPPR = \frac{\text{HORAS DE FALLOS}}{\text{NÚMERO DE FALLOS}}$$

- **HORAS POR FALLOS (h).**- Son las horas contabilizadas desde la salida de servicio por fallo hasta la declaración de la disponibilidad. Se acumularán las horas de las fallas ocurridas desde el primero de enero hasta el mes de reporte.
- **NÚMERO DE FALLOS (#).**- Es la cantidad de fallos ocurridos en la unidad de generación, desde el primero de enero hasta el mes de reporte.

6. FORMATO DE REPORTE DE DISPONIBILIDAD DE UNIDADES DE GENERACIÓN. ANEXO 02



	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL-INS-DGN-001
		FECHA: 11/06/2013
	Revisado por: Ing. Jorge Goyes	
	Aprobado por: Ing. Modesto Salgado	

En este formato se incluyen tres cuadros en los que se debe reportar la siguiente información de cada central de generación:

6.1 CUADRO 1: La potencia disponible ponderada diaria por unidad de generación.

6.2 CUADRO 2: la potencia máxima y mínima disponible en el período por unidad de generación, así como la potencia promedio del período calculada considerando las potencias medias diarias disponibles de cada unidad de generación.

6.3 CUADRO 3: Causas y acciones tomadas en cada evento que implique la indisponibilidad, sea por causas propias y/o externas. La descripción debe ser detallada, por cada unidad de generación, tipo de mantenimiento, área intervenida, orden de trabajo (O/T) con la que se ha intervenido, la fecha y hora de inicio, fin y duración de las intervenciones. Al final se deben consignar el número de mantenimientos programados y correctivos realizados, número de fallos, total en horas de mantenimientos programados y correctivos. De ser necesario este cuadro puede ser ampliado en el mismo formato.

Estas horas tendrán consistencia con las reportadas en el anexo 01, referente a Producción, en donde consta el total de mantenimientos programados, total mantenimientos correctivos, tiempo total de indisponibilidad.

7. FORMATO DE INFORMACIÓN DE EMBALSES. ANEXO 03


En este formato se incluye la información de cada embalse a las 24 horas de cada día del período: nivel, altura neta, volumen del embalse, volumen usado en la generación diaria, volumen vertido, volumen desalojado por el desagüe de fondo, caudal promedio de entrada al embalse, caudal máximo de entrada, energía remanente en el embalse y generación bruta.

8. FORMATO DE GRÁFICOS DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD POR UNIDAD. ANEXO 04

Se incluirá un cuadro, de formato pequeño, por cada unidad de generación de la central de generación, que contenga un gráfico que refleje, mediante líneas de trazo continuo y en números, la disponibilidad y confiabilidad de los últimos seis meses. Conforme formato incluido en Anexo 04.

9. FORMATO DE GRÁFICOS DE GENERACIÓN Y CONSUMO DE COMBUSTIBLES. ANEXO 05.

Se incluirá un cuadro, de formato pequeño, por cada unidad de generación de la central, que contenga un gráfico que refleje, mediante líneas de trazo continuo y en números, el

	INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN	CÓDIGO:
		CEL-INS-DGN-001
		FECHA: 13/06/2013
Revisado por: Ing. Jorge Goyes		
Aprobado por: Ing. Modesto Salgado		

consumo de combustibles mensual: combustible pesado y/o diésel y gas; así como la generación bruta correspondiente de los últimos seis meses. Conforme formato incluido en Anexo 05.

10. FORMATO GRÁFICOS DE RENDIMIENTOS. ANEXO 06.

Se incluirá un cuadro, de formato pequeño, por cada unidad de generación de la central que contenga un gráfico que refleje, mediante líneas de trazo continuo y en números, el rendimiento en Kwh/gi o Kwh/pie3 de los últimos seis meses. Conforme formato incluido en Anexo 06.

11. FORMATO ÓRDENES DE TRABAJO Y HORAS-HOMBRE EJECUTADAS. ANEXO 07


En este formato se deberá incluir el número de órdenes de trabajo y horas-hombre ejecutadas dentro del mantenimiento preventivo y correctivo por cada área: Civil, Eléctrica, Mecánica y Electrónica; las O/T programadas en el periodo, el porcentaje realizado, las O/T de mantenimiento correctivo programado y realizado, las horas-hombre disponibles y el porcentaje de uso del personal por área. Constan además dos columnas adicionales denominadas "predictivo" y "Adecuaciones/Mejoras" en cada una de las áreas, en las que se debe incluir las horas de mantenimiento predictivo, y en Adecuaciones y Mejoras estarán las actividades referentes a mejorar los sistemas e instalaciones de la planta. Es necesario indicar que todas las actividades que se realicen deberán ser habilitadas con una O/T.


12. FORMATO DE COMBUSTIBLE. ANEXO 08.

Este formato corresponde a las Unidades de Negocio con centrales que consumen combustibles líquidos, sirve para realizar un seguimiento al abastecimiento de combustible de todas las unidades de generación, su adecuado control y registro de cantidades pedidas y cantidades entregadas por parte de Petroecuador, así como las fechas de programación y las fechas de entrega, registro de datos esenciales como tipo de combustible, medio de transporte, ruta y Kilómetros de recorrido, empresa contratista, contrato en ejecución, plazo, fin de contrato, carga por viaje, valor por transporte, volúmenes entregados.

13. PROCEDIMIENTO

El seguimiento a la gestión técnica de operación y mantenimiento de las plantas de generación de la Corporación contempla el siguiente procedimiento:



 <p>CELEC Corporación Eléctrica del Ecuador</p>	<p align="center">INSTRUCTIVO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN</p>	<p>CÓDIGO: CEL-INS-DGR-001</p>
		<p>FECHA: 13/06/2013</p>
		<p>Revisado por: Ing. Jorge Goyes Aprobado por: Ing. Modesto Salgado</p>

13.1 REGISTRO DE INFORMACIÓN

Los analistas de operación y mantenimiento de cada central de generación, de manera coordinada, serán responsables de llenar los formatos con periodicidad mensual. Se deberá respetar exactamente los formatos, sin alteración alguna.

13.2 CONSOLIDACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los Jefes de operación y mantenimiento serán los responsables de revisar la información de las áreas a su cargo y el Jefe de Planta validará la misma.

13.3 ENVÍO DE LA INFORMACIÓN

El Subgerente de Producción de la Unidad de Negocio recopilará la información vía correo electrónico y remitirá a la Gerencia de la Unidad de Negocio así como a la Dirección de Generación de CELEC Matriz, dentro de los primeros **TRES** días siguientes al mes que se está realizando seguimiento.

13.4 EVALUACIÓN

Con base en la información registrada en los formatos, la Jefatura de Producción de CELEC Matriz realizará el seguimiento mensual a la gestión técnica de operación y mantenimiento de las instalaciones de la Corporación a fin de encontrar oportunidades de mejora, estandarización de procedimientos, emisión de sus observaciones y recomendaciones respecto de la información enviada.

14. PERIODICIDAD.

El seguimiento de la gestión de operación y mantenimiento de las Centrales de generación se realizará con periodicidad mensual. El Subgerente de Producción de la Unidad de Negocio recopilará la información vía correo electrónico y remitirá a la Gerencia de la Unidad de Negocio así como a la Dirección de Generación de CELEC Matriz, dentro de los primeros **TRES** días siguientes al mes que se está reportando.

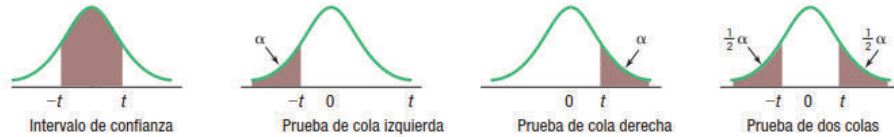
15. ANEXOS

Se adjuntan formatos.



Apéndice B

B.2: Distribución *t* de Student



Intervalo de confianza, <i>c</i>							Intervalo de confianza, <i>c</i>						
<i>gl</i>	80%	90%	95%	98%	99%	99.9%	<i>gl</i>	80%	90%	95%	98%	99%	99.9%
	Nivel de significancia para una prueba de una cola, α							Nivel de significancia para una prueba de una cola, α					
	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.0005		0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.0005
Nivel de significancia para una prueba de dos colas, α							Nivel de significancia para una prueba de dos colas, α						
	0.200	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001		0.200	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619	36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.582
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599	37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.574
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924	38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.566
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610	39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.558
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869	40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959	41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.544
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408	42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.538
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041	43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.532
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781	44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.526
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587	45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.520
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437	46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.515
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318	47	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.510
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221	48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.505
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140	49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.500
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073	50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.496
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015	51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676	3.492
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965	52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	3.488
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922	53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672	3.484
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883	54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	3.480
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850	55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.476
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819	56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	3.473
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792	57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665	3.470
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768	58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	3.466
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745	59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662	3.463
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725	60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707	61	1.296	1.670	2.000	2.389	2.659	3.457
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690	62	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	3.454
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674	63	1.295	1.669	1.998	2.387	2.656	3.452
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659	64	1.295	1.669	1.998	2.386	2.655	3.449
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646	65	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.447
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.633	66	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.444
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.622	67	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.442
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.611	68	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.439
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.601	69	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.437
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.591	70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.435

(continúa)

Apéndice B

B.2: Distribución *t* de Student (conclusión)

Intervalo de confianza, <i>c</i>							Intervalo de confianza, <i>c</i>						
<i>gl</i>	80%	90%	95%	98%	99%	99.9%	<i>gl</i>	80%	90%	95%	98%	99%	99.9%
	Nivel de significancia para una prueba de una cola, α							Nivel de significancia para una prueba de una cola, α					
	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.0005		0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.0005
	Nivel de significancia para una prueba de dos colas, α							Nivel de significancia para una prueba de dos colas, α					
	0.200	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001		0.200	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
71	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.433	89	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.403
72	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.431	90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.402
73	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.429	91	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.401
74	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.427	92	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.399
75	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.425	93	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.398
76	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.423	94	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.397
77	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.421	95	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.396
78	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.420	96	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.395
79	1.292	1.664	1.990	2.374	2.640	3.418	97	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.394
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.416	98	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.393
81	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.415	99	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.392
82	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.413	100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.390
83	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.412	120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
84	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.410	140	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	3.361
85	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.409	160	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	3.352
86	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.407	180	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	3.345
87	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.406	200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.340
88	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.405	∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291