



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRIA EN GESTION DE MANTENIMIENTO
VERSION II**

**“Propuesta de un sistema de mantenimiento productivo total
TPM, para los equipos eléctricos del BANCO DEL AUSTRO,
en base a un análisis de mantenimiento preventivo,
predictivo y autónomo”**

Tesis previa a la obtención del título de

Magister en Gestión de Mantenimiento

Autor:

Wilson Fabián Lucero Morocho.

Director:

Edgar Fernando García Castro.

Cuenca, Ecuador 2019.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Mami Leti y Papi Mario además del apoyo constante y comprensión han sido un pilar fundamental en mi superación.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Fernando García por el apoyo brindado y la colaboración en el desarrollo de esta tesis, compartiendo su conocimiento y experiencia.

Al ingeniero José Sari exadministrador del departamento eléctrico del Banco del Austro por facilitar el tiempo, recursos y conocimientos durante el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Las entidades bancarias disponen de equipos informáticos, estos almacenan y procesan información trascendente, los mismos se proveen de energía eléctrica a través de dispositivos de conexión, control, protección y distribución, también de equipos de respaldo como electrógenos y UPS, a fin de mantener una provisión de energía de calidad e ininterrumpida, es por esto que el presente trabajo de investigación aplicada diseña, desarrolla e implementa planes y actividades de mantenimiento para dichos equipos eléctricos mediante la filosofía TPM basada en la metodología Lean.

En la implantación del plan de trabajo del TPM, se aplica y se fusiona la herramienta seis sigma como metodología para mejorar la capacidad de los procesos, además de utilizar herramientas estadísticas para determinar los equipos críticos.

La implementación del TPM fue realizado en los equipos eléctricos del Banco del Austro agencia principal, permitiendo al departamento de mantenimiento eléctrico realizar las actividades de mantenimiento de manera más organizada y planificada, y planteando como objetivo a continuar, replicar los planes y actividades hacia las demás sucursales ubicadas en el resto del país a fin de mejorar la competitividad y mantener la reputación y confiabilidad como entidad bancaria.

PALABRAS CLAVES

Preventivo, autónomo, seis sigma, criticidad, análisis, falla, plataforma

ABSTRACT

Banking entities have computer equipment to store and process transcendent information. These are powered by electricity through connection, control, protection and distribution devices, as well as backup equipment, such as generators and UPS's to maintain a quality and uninterrupted supply of energy. Therefore, this applied research work designs, develops and implements maintenance plans and activities for these electrical equipment through the TPM philosophy based on the Lean methodology. In the implementation of the TPM work plan, the six sigma tool is applied as a methodology to improve the capacity of the processes and to determine the critical equipment through the use of statistical tools. The implementation of the TPM was carried out in the electrical equipment in the headquarters of Banco del Austro. This allowed the electrical maintenance department to carry out the maintenance activities in a more organized and planned manner in order to continue and replicate the plans and activities to the other branches located in the rest of the country. The study sought to improve competitiveness and maintain their reputation and reliability as a banking entity.

Keywords: Preventive, autonomous, six sigma, criticality, analysis, failure, platform.



Translated by
Ing. Paúl Arpi

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
PALABRAS CLAVES	iv
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1: MATERIALES Y METODOS	2
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Sitios y objetos de estudio.....	2
1.2.1 Introducción.....	2
1.2.2 Misión	2
1.2.3 Visión.....	3
1.2.4 valores	3
1.2.5 Responsabilidad social	3
1.2.6 Organigrama	3
1.2.7 Estado de situación actual de los equipos eléctricos del Banco del Austro	5
CAPITULO 2: MARCO TEORICO.....	6
2.1 Lean manufacturing.....	6
2.1.1 Generalidades	6
2.1.2 Principios de Lean Manufacturing.....	7
2.1.2.1 Especificar el valor para los clientes (eliminar desperdicios)	7
2.1.2.2 Identificar el mapa de la cadena de valor para cada producto o servicio.....	8
2.1.2.3 Favorecer el flujo (sin interrupción).....	8
2.1.2.4 Dejar que los clientes tiren la producción (sistema pull).....	8
2.1.2.5 Perseguir la perfección (mejora continua)	9
2.1.3 Herramientas que se aplican en Lean Manufacturing	9
2.2 Mantenimiento productivo total	10
2.2.1 Introducción.....	10
2.2.2 Orígenes de TPM	10

2.2.3 Concepto del TPM.....	11
2.2.4 Principios del TPM	11
2.2.5 Cualidades del TPM.....	11
2.2.6 Finalidad del TPM	12
2.2.7 Soportes del TPM.....	12
2.2.7.1 Soporte 1: Las mejoras enfocadas (Kaizen).....	13
2.2.7.2 Soporte 2: EL mantenimiento autónomo (jishu hozen).....	13
2.2.7.3 Soporte 3: E l mantenimiento gradual o sistemático (Keikaku hozen)	13
2.2.7.4 Soporte 4: La instrucción y adiestramiento.....	14
2.2.7.5 Soporte 5: El mantenimiento anticipado	14
2.2.7.6 Soporte 6: El mantenimiento de exelencia (hinshitsu hozen).....	14
2.2.7.7 Soporte 7: El mantenimiento en áreas regentes	14
2.2.7.8 Soporte 8: La administración de la seguridad, salud y medio ambiente	15
2.2.8 Los seis perjuicios o pérdidas considerables.....	15
2.2.8.1 Averías en los equipos fundamentales	15
2.2.8.2 Sin planificación las modificaciones y ajustes	15
2.2.8.3 Pausas menores	16
2.2.8.4 Disminución en la rapidez de la marcha de los equipos.....	16
2.2.8.5 Productos defectuosos.....	16
2.2.8.6 Perdidas en la puesta en marcha	16
2.2.9 Efectividad total de los equipos.....	17
2.2.9.1 Índice de disponibilidad.....	18
2.2.9.2 Índice de rendimiento.....	18
2.2.9.3 Índice de Calidad	19
2.2.10 Etapas de implantación del TPM	20
2.2.10.1 Etapa inicial.....	21
2.2.10.1.1 Paso 1 El compromiso de las áreas gerenciales.....	21
2.2.10.1.2 Paso 2 Campaña para difundir el método	21
2.2.10.1.3 Paso 3 Formación del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo	22
2.2.10.1.4 Paso 4 Política esencial y metas	22
2.2.10.1.5 Paso 5 Plan piloto	22
2.2.10.2 Etapa de implantación.....	23
2.2.10.2.1 Paso 6 Inicio de la implantación	23

2.2.10.2.2 Paso 7 Levantamiento para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones	23
2.2.10.2.3 Paso 8 Implantación del mantenimiento autónomo.....	23
2.2.10.2.4 Paso 9 Operatividad de los equipos por la ingeniería de producción (operación y mantenimiento).....	24
2.2.10.2.5 Paso 10 Implantación del sistema para la obtención de la eficiencia total en las áreas de administración	24
2.2.10.2.6 Paso 11 Implantación del sistema, procurando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y buen ambiente de trabajo	25
2.2.10.3 Etapa de consolidación	25
2.2.10.3.1 Paso 12 Aplicación total del TPM y ampliación de las categorías	25
2.2.11 Herramientas a aplicar dentro de la etapa de implantación del TPM	25
2.2.11.1 Mejoras enfocadas.....	25
2.2.11.2 Capacitación y entrenamiento	26
2.2.11.3 Grupos KAIZEN	26
2.2.11.4 Programa de orden y Limpieza 5S	27
2.2.11.4.1 Seiri	28
2.2.11.4.2 Seiton	29
2.2.11.4.3 Seiso	29
2.2.11.4.4 Seiketsu	29
2.2.11.4.5 Shitsuke	29
2.2.11.4.6 Mejoras con las 5S	30
2.2.11.5 Sistemas visuales	30
2.2.11.5.1 Selección de la máquina o sección.....	31
2.2.11.5.2 Observar y documentar la situación actual.....	31
2.2.11.5.3 Análisis de factibilidad de las herramientas visuales.....	31
2.2.11.5.4 Para prevenir errores (poka yoke)	31
2.2.11.5.4.1 Funciones reguladoras del Poka Yoke	32
2.2.11.5.4.2 Clasificación de los métodos Poka Yoke.....	32
2.2.11.5.4.3 Características principales de un buen sistema Poka Yoke.....	32
2.2.11.5.5 Indicador visual (ANDON).....	33
2.2.11.5.6 Seguimiento de sistemas visuales.....	34
2.2.11.6 Mantenimiento Autónomo	35
2.2.11.6.1 Limpieza inicial.....	35
2.2.11.6.2 Proponer medidas para eliminar causas que generan basura y polvo	35
2.2.11.6.3 Estándares de limpieza y lubricación.....	35

2.2.11.6.4 Inspección general	35
2.2.11.6.5 Inspección Autónoma	36
2.2.11.6.6 Organización y ordenamiento	36
2.2.11.6.7 Implantación del mantenimiento autónomo	36
2.2.11.7 Mantenimiento preventivo	36
2.2.11.7.1 Implementación del Mantenimiento preventivo	36
2.2.11.7.2 Pasos para establecer el programa de mantenimiento preventivo	37
2.2.11.7.3 Procedimientos del mantenimiento preventivo. (Listado de rutinas)	38
2.3 Herramienta estadística de control Seis Sigma	39
2.3.1 Pasos para una gestión de mantenimiento con Seis sigma	40
2.4 Herramienta estadística Diagrama de Pareto	41
2.5 Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).....	43
2.5.1 Tipos de AMEF.....	43
2.5.2 Pasos para realizar un proceso AMEF	44
CAPÍTULO 3: PLATAFORMA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE TPM A LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DEL BANCO DEL AUSTRO	45
3.1 Objetivos.....	45
3.2 Política.....	45
3.3 Meta.....	45
3.4 Beneficios esperados	45
3.5 Estructura Organizativa.....	45
3.6 Promoción	47
3.7 Implantación del plan de trabajo	47
3.8 Justificación del uso de la metodología Seis sigma.....	47
3.8.1 Objetivos del presente proyecto.....	47
3.8.2 Objetivos del uso de la metodología Seis sigma	47
3.8.3 Las 5 etapas de la metodología Seis sigma que orientaran el presente proyecto	48
3.8.4 Etapa de Definición	48
3.8.4.1 Impacto del proyecto	48
3.8.4.2 Beneficios del proyecto	48
3.8.4.3 Plan del proyecto	48
3.8.4.4 Mapeo de los equipos mantener en el departamento de mantenimiento.....	40
3.8.4.4.1 Transformador de energía	50
3.8.4.4.2 Generador de energía.....	50
3.8.4.4.3 Tablero de Distribución	51

3.8.4.4.4	Equipo UPS.....	52
3.8.4.4.5	Sistema de Aire acondicionado (A/A)	52
3.8.4.4.6	Sistema de Contraincendios	53
3.8.4.5	Puntos críticos dentro del proceso de provisión de energía.....	54
3.8.4.6	Antecedentes del Problema	54
3.8.4.7	Conclusión de la fase de Definición.....	56
3.8.5	Etapa de Medición.....	56
3.8.5.1	Objetivos de la fase de medición	56
3.8.5.2	Estratificación	56
3.8.5.2.1	Análisis de criticidad a los equipos eléctricos que proveen energía eléctrica a la agencia principal banco del Austro	56
3.8.5.2.2	Precondiciones para el análisis	57
3.8.5.2.3	Aplicación del modelo de análisis de criticidad Semicuantitativo CTR (Criticidad total por riesgos)	57
3.8.5.2.4	Criterios para determinar la Criticidad	58
3.8.5.2.5	Aplicación de método.....	60
3.8.5.2.6	Conclusión de la fase de Medición	69
3.8.6	Etapa de Análisis.....	69
3.8.6.1	Objetivos de la fase de análisis	69
3.8.6.2	Aplicación de la metodología AMEF	69
3.8.6.2.1	Esquema general de actividades para el AMEF.....	70
3.8.6.2.2	Identificación de Fallos de los equipos	70
3.8.6.2.3	Presentación del AMEF	71
3.8.6.2.4	Precondiciones para el análisis	71
3.8.6.2.4.1	Formato de análisis y presentación de resultados del AMEF	71
3.8.6.2.5	Aplicación del análisis AMEF	74
3.8.6.2.6	Resultados AMEF	79
3.8.6.3	Conclusiones etapa de Análisis	80
3.8.7	Etapa de Mejora y Control	80
3.8.7.1	Objetivos de la fase de mejora	80
3.8.7.2	Aplicación de la Metodología TPM basada en Lean	80
3.8.7.2.1	Plan de trabajo para implementación del TPM.....	81
3.8.7.2.1.1	Reconocimiento de los equipos y sus respectivas áreas de ubicación.....	82
3.8.7.2.1.2	Determinación de la herramienta de mejora a aplicar según la zona y equipo	82

3.8.7.2.1.3	Integrantes a formar el grupo Kaisen	82
3.8.7.2.1.4	Capacitación	83
3.8.7.2.1.5	Plan de acción para implementar TPM.....	83
3.8.7.2.2	Lanzamiento.....	83
3.8.7.3	Implementación.....	83
3.8.7.3.1	Plan de acción para 5s	84
3.8.7.3.1.1	Capacitación	85
3.8.7.3.1.2	Identificación del área piloto a implementar	85
3.8.7.3.1.3	Determinación de la situación actual	85
3.8.7.3.1.4	Primera S: seiri (clasificar).....	86
3.8.7.3.1.5	Segunda S: seiton (ordenar).....	88
3.8.7.3.1.6	Tercera S: seiso (limpiar).....	89
3.8.7.3.1.7	Cuarta S: Seiketsu (Estandarizar)	90
3.8.7.3.1.8	Quinta S: Shitsuke (Autodisciplina)	90
3.8.7.3.1.9	Auditoria de las 5S.....	90
3.8.7.3.2	Plataforma para sistemas visuales	93
3.8.7.3.2.1	Capacitación	94
3.8.7.3.2.2	Selección del área o equipo.....	94
3.8.7.3.2.3	Situación Actual	94
3.8.7.3.2.4	Viabilidad de las herramientas de visualización	95
3.8.7.3.2.5	Implementación del Poka yoke.....	96
3.8.7.3.2.6	Implementación del sistema Andón.....	97
3.8.7.3.2.7	Estandarización de los sistemas visuales	98
3.8.7.3.2.8	Seguimiento de los sistemas visuales	98
3.8.7.3.3	Plataforma para Mantenimiento Autónomo	100
3.8.7.3.3.1	Capacitación	101
3.8.7.3.3.2	Limpieza inicial.....	101
3.8.7.3.3.3	Contramedida o situación actual	102
3.8.7.3.3.4	Inspección general.....	102
3.8.7.3.3.5	Inspección autónoma.....	102
3.8.7.3.3.6	Formato estandarizado de mantenimiento autónomo para el generador eléctrico.....	103
3.8.7.3.3.7	Seguimiento del Mantenimiento Autónomo	104
3.8.7.3.4	Plataforma de Mantenimiento Preventivo.....	105
3.8.7.3.4.1	Capacitación y administración del plan	106

3.8.7.3.4.2 Selección del área y/o equipo.....	106
3.8.7.3.4.3 Actividades de mantenimiento y programación.....	107
3.8.7.3.4.4 Control de las actividades programadas	112
3.8.7.4 Conclusión de las etapas de mejora y control	112
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFIA.....	115

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Organigrama estructural seccionado Banco del Austro	4
Ilustración 2. Mapa ubicación Banco del Austro	5
Ilustración 3. Historia de Lean Manufacturing	7
Ilustración 4. Principios de Lean Manufacturing	9
Ilustración 5. Herramientas que se aplican en Lean Manufacturing	9
Ilustración 6. Los ocho soportes del TPM	12
Ilustración 7. Las seis perjuicios o pérdidas considerables y efectividad del equipo	17
Ilustración 8. Representación gráfica del OEE	17
Ilustración 9. Ciclo Deming-Shewhart	27
Ilustración 10. Herramienta 5S's	28
Ilustración 11. Ejemplo sistema Poka Yoke	33
Ilustración 12. Ejemplo sistema Andón	33
Ilustración 13. Procesos estratégicos Seis sigma	39
Ilustración 14. Ejemplo diagrama de Pareto	43
Ilustración 15. Representación gráfica proceso AMEF	44
Ilustración 16. Estructura organizativa para TPM del Banco del Austro	46
Ilustración 17. Diagrama de bloques de los equipos eléctricos Banco del Austro	49
Ilustración 18. Transformador trifásico de energía	50
Ilustración 19. Generador de energía	51
Ilustración 20. Tablero de distribución	51
Ilustración 21. Equipo de respaldo de energía UPS	52
Ilustración 22. Sistema de aire acondicionado	53
Ilustración 23. Sistema de contraincendios	53
Ilustración 24. Diagrama de Pareto de los fallos importantes por mes, de los equipos eléctricos durante un año	54
Ilustración 25. Diagrama de Pareto en porcentaje de los fallos de los equipos eléctricos durante un año	55
Ilustración 26. Modelo básico de criticidad	57
Ilustración 27. Curva de análisis de criticidad de los equipos eléctricos Banco del Austro	68
Ilustración 28. Esquema general de actividades para realizar el AMEF	70
Ilustración 29. Grafica del AMEF del equipo UPS	76
Ilustración 30. Grafica del AMEF del Transformador	77

Ilustración 31. Grafica del AMEF de la transferencia de energía	77
Ilustración 32. Grafica del AMEF del tablero de distribución del UPS	78
Ilustración 33: Grafica del AMEF del sistema contra incendios	78
Ilustración 34. Grafica del AMEF de los fallos críticos identificados en los EE	79
Ilustración 35. Esquema de ubicación de las áreas del Banco del Austro	82
Ilustración 36. Área de transformación del Banco del Austro	85
Ilustración 37. Fotos antes de aplicar 5s.....	86
Ilustración 38. Formato de Tarjeta roja	87
Ilustración 39. Señales de advertencia	88
Ilustración 40. Señales de seguridad	88
Ilustración 41. Código de color para identificar señales de seguridad.....	88
Ilustración 42. Área de transformación para limpieza	89
Ilustración 43. graficas obtenidas de auditorías.....	91
Ilustración 44. Fotos en condiciones actuales del centro de datos.....	95
Ilustración 45. Fotos con propuesta para implementación Poka yoke.....	96
Ilustración 46. Fotos con propuesta para implementación sistema Andón	97
Ilustración 47. Grafica con propuesta para implementación sistema Andón	98
Ilustración 48. identificación del área de generación	101
Ilustración 49. Fotografías del área de generación en condiciones actuales	102
Ilustración 50. Área de data center donde está ubicado UPS	106
Ilustración 51. Fotos del equipo UPS propuesto a implementar mantenimiento preventivo ...	107

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aceptabilidad de valores del OEE	19
Tabla 2. Estructura de implementación de un sistema TPM	20
Tabla 3. Lista de verificación para sistemas visuales	34
Tabla 4. Resultados de lista de verificación de sistemas Visuales	35
Tabla 5. Cronograma de actividades Seis sigma.....	49
Tabla 6. Resultados análisis de equipos críticos diagrama de Pareto	55
Tabla 7. Criterios para determinar la criticidad	59
Tabla 8. Determinación de la criticidad de los equipos eléctricos BA.....	61
Tabla 9. Determinación de la condición de criticidad de los equipos eléctricos BA	64
Tabla 10. Orden de mayor a menor en base a valor de la criticidad de los EE.....	66
Tabla 11. Formato para presentación de resultados de análisis AMEF	71
Tabla 12. Clasificación de la severidad de los modos de falla	72
Tabla 13. Clasificación de la ocurrencia de los modos de falla	73
Tabla 14. Clasificación de la oportunidad de la detección de los modos de falla.....	74
Tabla 15. Análisis de modo y falla efectos de los equipos eléctricos del Banco del Austro....	75
Tabla 16. Lista modos de falla UPS	76
Tabla 17. Lista modos de falla Transformador.....	76
Tabla 18. Lista modos de falla Transferencia de energía.....	77
Tabla 19. Lista modos de falla Tablero de distribución.....	77
Tabla 20. Lista modos de falla Sistema de contraincendios.....	78
Tabla 21. Recopilación y ordenados según valor NPRa modos de falla de los equipos.....	78
Tabla 22. Plan de trabajo para implementación TPM	81
Tabla 23. Herramientas a implementar según equipo	82
Tabla 24. Integrantes de Mantenimiento.....	83
Tabla 25. Integrantes de apoyo.....	83
Tabla 26. Plataforma para implementación 5S	84
Tabla 27. Formato de listado para tarjeta roja	87
Tabla 28. Responsables de área de limpieza	89
Tabla 29. Materiales de limpieza para área del transformador.....	89
Tabla 30. Formato para auditorias de mantenimiento 5s	90
Tabla 31. Propuesta para 5S	92

Tabla 32. Tabla para sistemas visuales.....	93
Tabla 33. Problemas identificados en data center para implementación Poka yoke	96
Tabla 34. Problemas identificados en data center para implementación Andón.....	97
Tabla 35. Formato para seguimiento a sistemas visuales.....	99
Tabla 36. Plataforma para mantenimiento autónomo.....	100
Tabla 37. Formato estandarizado de mantenimiento autónomo	103
Tabla 38. Formato para seguimiento autónomo	104
Tabla 39. Plataforma para implementación de mant. Preventivo	105
Tabla 40. Formato de rutina de mantenimiento preventivo menor equipo UPS BA	108
Tabla 41. Formato de rutina de mantenimiento preventivo mayor equipo UPS BA	109

Autor: Wilson Fabián Lucero Morocho

Trabajo de Graduación.

Director: Edgar Fernando García Castro.

Enero, 2019.

“Propuesta de un sistema de mantenimiento productivo total TPM, para los equipos eléctricos del BANCO DEL AUSTRO, en base a un análisis de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo”

INTRODUCCION.

Uno de los principales aciertos en el desarrollo de una empresa, ya sea de servicios o producción se basa en su planificación, esto no es solo a nivel administrativo u operativo, hay que tomar en cuenta su funcionamiento en donde todas las partes que conforman la empresa interactúan y basados en sus políticas llegan a cumplir sus objetivos y metas.

En esta ocasión se toma en cuenta una empresa de servicios como es el caso del banco del Austro en donde se va a implementar una herramienta como el TPM quizá no de una forma integral, pero si dando un primer paso en una de sus áreas, a fin de un futuro integrar al resto de áreas.

Hay que tomar en cuenta que al aplicar una herramienta como TPM en el área de mantenimiento eléctrico en una institución bancaria es dar por sentado un precedente y servirá como guía para la planificación e implementación en otras áreas y entidades del mismo orden, aun sabiendo que el desarrollo de esta filosofía aun es poco conocida en nuestro medio y su implementación requiere mucho esfuerzo, compromiso y tiempo pero una vez que se logren implementar se verán los resultados de manera positiva.

Las principales características en el desarrollo del TPM como es el caso de este proyecto es la eficiencia de funcionamiento de los equipos eléctricos y de respaldo, generando una reducción de las averías y defectos como también accidentes por lo que esto conlleva a un aumento de la productividad calidad de servicio y reduciendo costos etc.

CAPITULO 1 MATERIALES Y METODOS

1.1 Objetivos

Elaborar planes de mantenimiento mediante el método TPM basado en lean utilizando herramientas de mejora como son 5s, sistemas visuales, mantenimiento preventivo y autónomo aplicado a los equipos eléctricos del banco del austro previo un análisis de criticidad utilizando herramientas estadísticas.

Además, como objetivos específicos se tiene:

- Identificar los equipos eléctricos que alimentan y respaldan energía eléctrica al centro de datos del Banco de la Austro agencia principal.
- Determinar los equipos críticos utilizando herramientas estadísticas como diagramas de Pareto, análisis de criticidad, y análisis de modo de fallos y efectos (AMEF).
- Fusionar el TPM como herramienta de actividades ordenadas con el seis sigma como herramienta para mejorar la capacidad de los procesos a fin de identificar los equipos y sus fallos para luego planificar actividades de mantenimiento según el equipo u área.

1.2 Sitios y objetos de estudio

1.2.1 Introducción

En la ciudad de Cuenca se da el nacimiento de Banco del Austro, la entidad financiera más importante de la región austral y que en la actualidad, forma parte de los Bancos más grandes del País. Su historia se remonta a finales de la década de los 70, son cuatro décadas del nacimiento del banco, una institución financiera diferente, orientada a satisfacer las necesidades de los ecuatorianos, quienes creen que valores como transparencia, trabajo en equipo, honestidad, responsabilidad, seguridad y orientación al servicio, son vitales para construir un negocio.

Este último atributo es el que más caracteriza a este Banco, el cual siempre estará cerca de la gente, compartiendo sus ideales y haciendo realidad sus más anhelados sueños.

Cuenta con 92 sucursales ubicadas en lugares estratégicos del País, con una red propia de más de 200 Cajeros Automáticos.

1.2.2 Misión

“Proveer soluciones financieras ágiles con atención personalizada, apoyando a nuestros clientes en el logro de sus aspiraciones y promoviendo el desarrollo de la comunidad”

1.2.3 Visión

Ser el Banco líder en atención personalizada y calidad de servicio, con soluciones financieras adecuadas para nuestro mercado objetivo”

1.2.4 Valores

- Transparencia
- Trabajo en equipo
- Honestidad
- Orientación al servicio
- Responsabilidad
- Seguridad

1.2.5 Responsabilidad social

Banco del Austro S.A., es una institución financiera sólida, solvente e involucrada responsablemente con su entorno.

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) integra la gestión de Banco del Austro S.A. con un modelo sostenible de generación de valor y beneficios sociales basado en tres ámbitos de acción.

El ámbito económico engloba las actividades dirigidas a los grupos de interés relacionados con el manejo responsable de las finanzas personales, familiares y de pymes, a través de herramientas como el Programa de Educación Financiera y el acompañamiento a emprendedores de acuerdo al plan nacional para el cambio de matriz productiva.

Dentro del ámbito medio ambiental se contempla todas las iniciativas verdes y amigables para el cuidado y uso responsable de los recursos naturales renovables y no renovables; actualmente Banco del Austro S.A. se encuentra en una campaña interna “Oficinas Cero Papel” que promueve el uso de la tecnología y materiales reusables en lugar de papel.

En el ámbito Social / Cultural se considera el esfuerzo e involucramiento con la sociedad en general para promover el deporte, la salud y la cultura bajo una óptica incluyente e igualitario en género y capacidades tanto para accionistas, colaboradores, clientes y grupos de interés apoyando constantemente a la organización y desarrollo de eventos deportivos y culturales en todo el país.

1.2.6 Organigrama

El banco del Austro es una empresa estructuralmente grande con varios directorios y gerencias, por tanto, este proyecto se centra en la gerencia administrativa que es el área en la que está el departamento de mantenimiento eléctrico y a considerar la planificación.

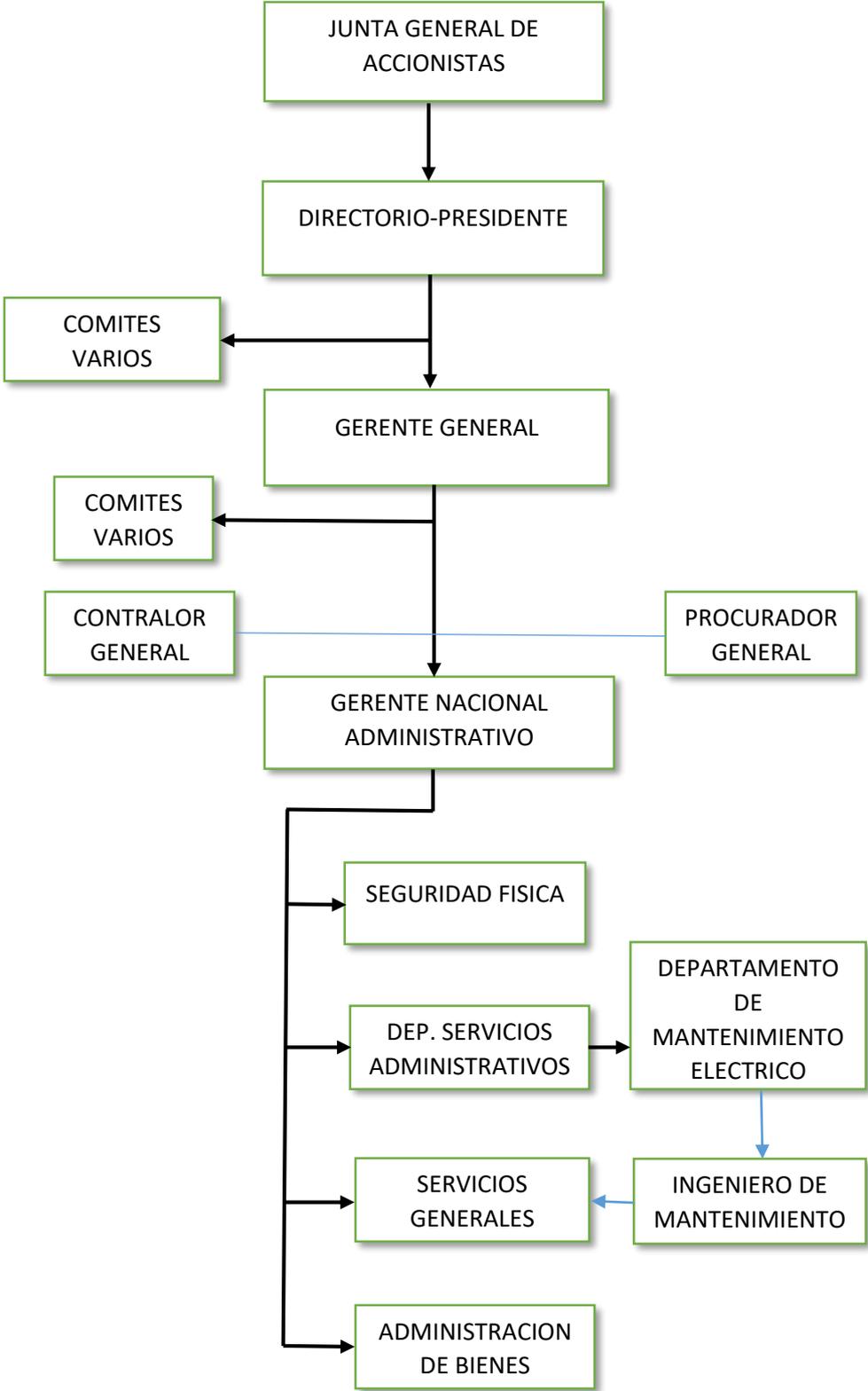


Ilustración 1: Organigrama estructural seccionado Banco del Austro.
Fuente: el autor, tomado de (www.bancodelaustro.com).

1.2.7 Estado de situación actual de los equipos eléctricos del Banco del Austro agencia principal (departamento de mantenimiento)

La agencia principal del Banco del austro se encuentra ubicada en zona céntrica de la ciudad de Cuenca entre las calles Presidente Borrero y Mariscal Sucre esquina, su horario de atención al público es de 8 horas de lunes a viernes y 4 horas los sábados, con un promedio de aproximadamente 2000 transacciones diarias, sin considerar los cajeros y servicios automáticos que están interconectados al sistema del banco.

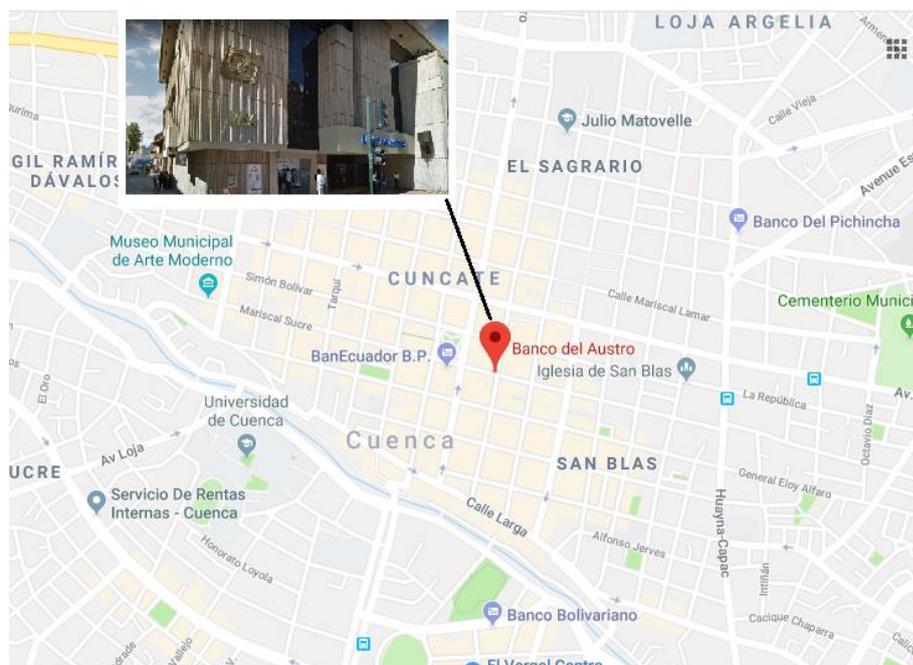


Ilustración 2: mapa ubicación banco del Austro.

Fuente: Google. (s.f.). [Mapa Banco del Austro]. Acceso: 1 de febrero del 2018, de: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=banco+del+austro+mapa>

Dicha edificación está al servicio desde el año 1978, es decir aproximadamente 40 años de antigüedad, cabe mencionar como punto importante que en esta edificación está el centro de datos principal que se interconecta con el resto de sucursales, por lo que se hace necesario la planificación de un plan de mantenimiento en los equipos eléctricos que sirven como provisosores y respaldos de energía para dicho data center y demás dependencias.

Actualmente existe el departamento de mantenimiento, pero no tiene un plan de mantenimiento se opta solamente por un mantenimiento correctivo por lo que se hace necesario la implementación de una herramienta como el TPM para la optimización de las actividades de dicho departamento considerando los equipos críticos. Además, la intención es replicar dicho plan hacia las demás sucursales ubicadas en el resto del país claro tomando en cuenta algunos parámetros y condiciones de funcionamiento.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.

2.1 Lean Manufacturing

2.1.1 Generalidades

Se puede entender por Lean manufacturing ("producción ajustada"), a la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio a todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada Toyota Producción System), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón.

En la actualidad las empresas industriales como también de servicios se enfrentan al reto de buscar e implementar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global. Una técnica como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser competitiva.

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. Por lo tanto, se puede decirse que Lean manufacturing consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como actividades y recursos innecesarios.

La idea de este modelo está en generar una nueva cultura que tiende a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación con directivos, mandos y operarios.

Las empresas pioneras en su aplicación fue la industria automovilística. La gran repercusión de cualquier iniciativa en esta industria tuvo un efecto beneficioso en la difusión de estas técnicas, aunque se dispuso que solo se podía aplicar a este sector. En la última década, industrias de varios sectores o bienes de equipo han adoptado con éxito el modelo Lean manufacturing. Actualmente las experiencias señalan que el Lean es aplicable a cualquier tipo de industria, incluso a las empresas de servicios.

Historia de Lean

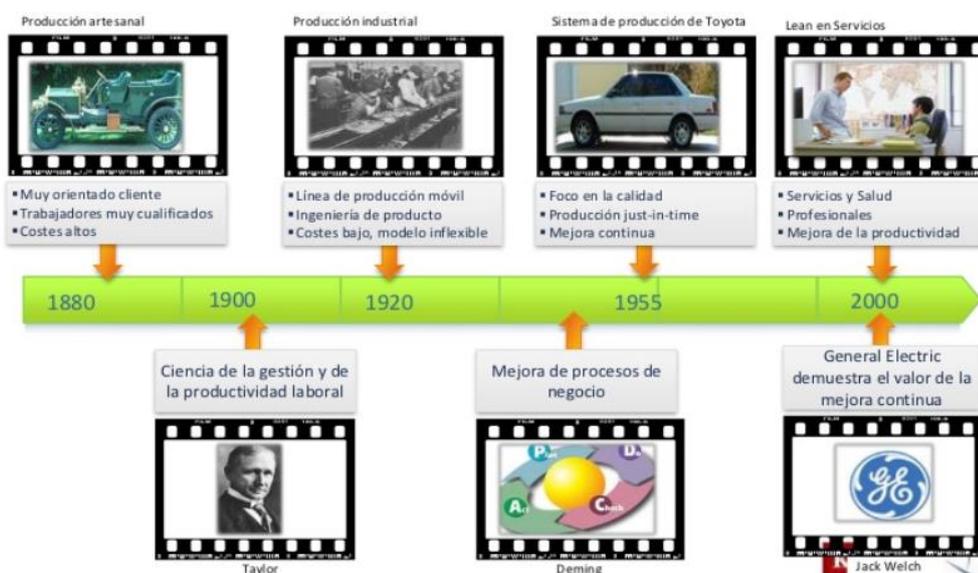


Ilustración 3: Historia de Lean Manufacturing.

Fuente: slideshare. (2011). Historia de Lean. [figura]. Recuperado de https://www.google.com/search?q=historia+de+lean+manufacturing&client=firefox-b-d&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi9waCDvJ3hAhXS1kkHalxA60Q_AUIDigB&biw=1366&bih=654#imgrc=yP9tG_U7kpXDSM:

2.1.2 Principios de lean Manufacturing

Existen cinco principios clave de Lean manufacturing y proveen la metodología y herramientas para posibilitar mejoras de tiempo de producción o transacción, mejoras en calidad de producto, eficacia en atención a los clientes, disminución de costos de procesos y en general aumento de eficiencia al interior de la organización, disminuyendo o eliminando “desperdicios claves” inherentes a toda operación, cualquiera sea su actividad o giro.

Los cuales son simples y si se aplican a la fabricación, servicio, o la administración y son las siguientes:

2.1.2.1 Especificar el valor para los clientes (eliminar desperdicios)

Lo importante es producir lo que el cliente realmente percibe como valor. Por lo que un aspecto esencial en este principio es entender quién es el cliente (interno o externo) y qué quiere. Es decir, comprender sus necesidades, expectativas y requerimientos e incorporarlos a los procesos de trabajo.

Actividades a proceder de la siguiente forma:

- Actividades que agregan valor: se debe potencializar estas actividades.
- Actividades que no generan valor, pero son necesarias: se debe minimizar este tipo de actividades, no se las puede eliminar ya que son parte de políticas, reglamentos, pensamientos, etc. en la empresa.

- Actividades sin valor agregado: definitivamente se las debe eliminar ya que crea desperdicios sin ningún valor para el cliente, como son: inventario, tiempo muerto, procesos, accidentes.

2.1.2.2 Identificar el mapa de la cadena de valor para cada producto o servicio

Cada tarea, función o actividad debe añadir valor. Hay que identificar el camino de valor con el fin de eliminar el MUDA (inutilidad; ociosidad; desperdicio; superfluidad), desde que se introduce la materia prima, se transforma, hasta que se entrega el producto terminado al cliente. El objetivo es identificar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso (MUDA), con el fin de minimizarlas, modificarlas o eliminarlas del proceso de trabajo.

2.1.2.3 Favorecer el flujo (sin interrupción)

Hay que conseguir que el producto fluya continuamente agregando valor y eliminar, en la medida de lo posible, la producción por lotes (sobre todo de los lotes grandes). Para llegar a un movimiento continuo del proceso hay que eliminar los obstáculos representados en máquinas que constituyen cuellos de botella y eliminar los transportes innecesarios debido a *layouts* mal diseñados.

2.1.2.4 Dejar que los clientes tiren la producción (sistema PULL)

Introduciendo el *Pull System* en el proceso. Una vez se ha fijado el esquema del flujo continuo en el proceso de trabajo, hay que introducir un sistema de producción Pull. Es decir, producir a demanda del cliente, tratando de dar en todo momento una respuesta rápida a sus peticiones, con lo que se evita o minimiza la sobreproducción y la acumulación de inventarios.

Existen 3 formas de producir bajo este sistema:

- Contra pedido: La producción no inicia mientras el cliente no realice un pedido. En este caso el lead time debe ser menor al plazo de entrega pactado con el cliente.
- Contra previsiones: La producción está basada en el estudio de históricos de venta e intuiciones de marketing. Este es el principal responsable de la sobreproducción y representa el sistema push.
- Contra demanda real: Los productos se fabrican de acuerdo al consumo, es decir de acuerdo a lo vendido. Esta forma es la más deseada y se la conoce como sistema pull. Para conseguir este tipo de producción es necesario una disciplina bien establecida, producción en células, que sea flexible y así trabajar por lotes pequeños. Esto conlleva al justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés de just in time)

2.1.2.5 Perseguir la perfección (mejora continua)

Tender hacia la perfección y gestionarla. La perfección en el pensamiento Lean no sólo significa librar de defectos y errores los procesos y productos, también implica la entrega a tiempo de productos que cumplan con los requerimientos del cliente, a un precio justo y con la calidad especificada. En otras palabras, la gestión de la perfección es una batalla continua para eliminar el MUDA, que nunca tiene fin, ya que reducir tiempos, costes, espacio, errores y esfuerzos inútiles es una acción permanente que toda organización debe llevar a cabo.



Ilustración 4: Principios de Lean Manufacturing.

Fuente: Soberón Jennifer. (2017). Principios de Lean. [figura]. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/600488/TesisBarentzen_sj.pdf?sequence=8&isAllowed=y

2.1.3 Herramientas que se aplican en Lean Manufacturing

Al implementar el Lean manufacturing, esta dispone de herramientas estratégicas para la producción por lo tanto ayudaran a reducir al mínimo o en los mejores casos eliminar totalmente los desperdicios que se dan en los procesos esta ya sea una empresa de producción o servicio.

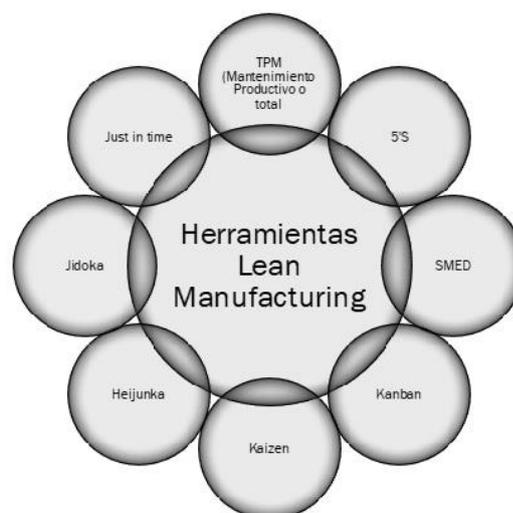


Ilustración 5: Herramientas que se aplican en Lean Manufacturing.

Fuente: Reladyc. (2016). Herramientas de Lean. [figura]. Recuperado de <http://normasapa.com/como-referenciar-imagenes-figuras-segun-las-normas-apa/comment-page-1/>

2.2 Mantenimiento productivo total

2.2.1 Introducción

En principio con el fin de mejorar el mantenimiento de equipos y gestión de dichos departamentos se crea y se desarrolla el TPM en Japón, pero más tarde se involucra al resto de departamentos en las empresas, obteniendo así una herramienta capaz de mejorar los procesos productivos.

2.2.2 Orígenes del TPM

La herramienta TPM tiene una importante aplicación en la década de los setenta y ochenta y es allí donde nace la filosofía que hoy se conoce, las empresas que lo dieron a conocer como Nippondenso tuvieron resultados óptimos.

Pero sus inicios nos remontamos hacia los años 1945 a 1952, en el Japón al ser un país devastado por la guerra se encuentra en una necesidad eminente de reconstrucción.

Una tarea titánica pero no imposible, para esto requirió apoyo científico por lo que solicitaron ayuda extranjera con experticia en conocimientos de control estadístico. (Cuatrecasas Torrell 2010).

Como experto en calidad y control estuvo el ingeniero estadounidense Shewhart y como experto en estadística el doctor estadounidense Deming.

Asertiva enseñanza que permitió a los japoneses mejorar el control de la calidad de sus productos mediante dichos análisis estadísticos.

En base a esto se crea una nueva cultura de trabajo que en un inicio se denominó Total Quality Management definida como mejora continua es una estrategia que se orientó a crear conciencia de calidad.

Luego fue evolucionando hasta obtener lo que hoy conocemos como el TPM.

Por lo tanto, se concluye que el TPM evoluciona de los conceptos de calidad influidos por el Dr. Deming en el desarrollo del TQM.

2.2.3 Concepto del TPM

Se define al TPM como una filosofía capaz de mejorar continuamente un equipo y su entorno involucrando pensamientos y actitudes de todos los miembros que conforman la organización.

2.2.4 Principios del TPM

El TPM se basa en 3 principios importantes:

Principio de prevención: para prevenir se requieren los recursos y los programas para así evitar que:

- Los diferentes equipos que conforman lleguen a fallar.
- Debido a las diferentes situaciones se den problemas.
- Las pérdidas que se puedan dar de cualquier carácter.
- Las calidades bajas en los productos.
- Los accidentes laborales.

Principio de defectos nulo: aplicar todos los programas que se plantean con los recursos necesarios a fin de conseguir:

- Que los productos no tengan defectos
- Confiabilidad en los equipos
- Optimizando los tiempos evitar los desperdicios
- Que no se den ningún accidente laboral.

Principio de apoyo e intervención total: El apoyo e intervención en las tareas y actividades que se plantean en el programa del TPM es total por parte de todos los involucrados en la empresa con objetivos comunes tras la meta de mejorar continuamente.

2.2.5 Cualidades del TPM

- Un equipo tiene varias etapas de vida y el TPM interviene en todas ellas.
- Se involucra a todo el personal activamente.
- Hay que considerar como una herramienta de mejora total en toda la organización.
- Todas las actividades y planes englobados.

- Existe una participación importante tanto del personal de mantenimiento como del personal de las otras áreas productivas en el cuidado de los diferentes equipos.
- Se basa en la experiencia y conocimiento del personal para las diferentes actividades siempre considerando el contexto operacional y productivo.

2.2.6 Finalidad del TPM

La intención en general del TPM es que todos aporten para mantener productivos los equipos de la empresa, desde la alta gerencia hasta los operarios. Para conseguir esto, el TPM se propone las siguientes metas. (Shirose 1994).

- La operatividad del o los equipos se vean incrementados.
- Mantenedores, operarios y demás personal se vean comprometidos.
- Los planes y actividades de TPM se creen desde la instalación y puesta en marcha.
- EL compromiso a asumir engloba y compromete a todo el personal en la empresa.
- Crear grupos de personal activos que incentiven la implementación del TPM.

2.2.7 Soportes del TPM

La metodología del Mantenimiento productivo total se asienta sobre bases o soportes solidos cuyo objetivo es eliminar al máximo o en el mejor de los casos la totalidad de perdidas sustentadas en equipos con fallas que provocan paradas de producción o elaboración y terminado de productos de deficiente calidad, sobre procesos, desabastecimiento de productos etc.



Ilustración 6: Los ocho soportes del TPM.

Fuente: El Autor basada en Bsgrupo.com.

2.2.7.1 Soporte 1: Las mejoras enfocadas

A través de grupos de trabajo organizados (kaizen) y capacitados se desarrollan actividades en las distintas áreas involucradas con propósitos de optimizar el funcionamiento de los equipos mejorando de esta forma los procesos y productos.

Mediante la aplicación de técnicas estratégicas se identifica las ventajas competitivas en base a las actividades que desarrolla la empresa, pudiendo de esta manera clasificar las actividades que ayudan y generan valor.

2.2.7.2 Soporte 2: El Mantenimiento autónomo

El compromiso y el interés que asumen los operarios de las maquinas, (jishu hozen) realizan actividades que ayudan a evitar mantenimientos correctivos, asimismo realizan inspecciones que ayudan a identificar posibles mejoras, para tales actividades los operarios están capacitados. Las tareas a realizar son:

- Revisar (visuales, etc.)
- Limpiar (manual, inmersión, etc.)
- Lubricar (aceites, grasa, etc.)
- Apretar y acoplar (piezas, tornillos, etc.)

A través de las actividades que realizan los operarios están fusionando el mantenimiento de los equipos y de esta manera optimizando las actividades disminuyendo de esta forma los desperdicios, hay que considerar que los mantenimientos a realizar por el operario son básicos y las fallas mayores serán reportadas.

2.2.7.3 Soporte 3: El mantenimiento gradual o sistemático

Una planificación adecuada y gradual (keikaku hozen) cuyo objetivo se basa en ir reduciendo a fin eliminar totalmente las averías en los equipos o maquinas.

Para una correcta planificación en las actividades del mantenimiento se requiere previos análisis, estos pueden estar basados en históricos de los equipos etc. Pero un análisis mayor se requieren técnicas más complejas en este caso será para realizar actividades predictivas, todas estas actividades permiten tener equipos más confiables y anticipar los fallos.

2.2.7.4 Soporte 4: La instrucción y adiestramiento

Para un correcto y adecuado desempeño en las actividades de mantenimiento y su posterior destreza se basa en una adecuada capacitación al personal involucrado en dichas actividades.

Previos análisis en donde se identifican las posibles pertinencias es en donde se debe propiciar la enseñanza y capacitación de los operarios y técnicos, adiestramiento que involucra varias actividades.

2.2.7.5 Soporte 5: El mantenimiento anticipado

Al realizar el mantenimiento a un equipo o máquina se busca optimizar su funcionamiento y así mejorar su confiabilidad, pero también es importante que estos equipos estén tecnológicamente avanzados, para estas evaluaciones y posteriores readecuaciones e implementaciones se requiere la participación de los demás departamentos o por no decir de todas las áreas de una empresa.

El análisis previo y evaluaciones es importante en dichas implementaciones, debe existir un consenso con todas las áreas a fin de que cuando se de dicha implementación exista un proceso gradual en las actividades para la puesta en marcha.

2.2.7.6 Soporte 6: El mantenimiento de excelencia

En base a los resultados de los productos obtenidos que sirve produce o desarrolla una máquina o equipo se evalúa los defectos a fin de ir reprogramar, reacondicionar, calibrar etc. con el objetivo de llegar un punto de nulo de defectos y averías.

El defecto en un producto proceso o servicio que efectúa un equipo o máquina no solo dependerá del mismo sino también a de la materia prima u operarios a cargo, por lo que se hace importante el consenso de todos los involucrados con el fin de saber e identificar las verdaderas causas.

2.2.7.7 Soporte 7: El mantenimiento en áreas regentes

Para un planificación correcta e integral de mantenimiento es importante la participación de las áreas administrativas cuya función principal es la coordinación, proporción de la información adecuada y evitando la pérdida de las mismas, asimismo se encargan de la capacitación al personal etc.

Mediante herramientas estratégicas que ayudan a identificar las ventajas competitivas se pueden proponer e implementar planes de mejora, tomando siempre en cuenta la instrucción en la organización.

2.2.7.8 Soporte 8: La administración de la seguridad, salud y el medio ambiente

Como uno de los principales propósitos del TPM es justamente en este pilar donde se engloba y gestiona la seguridad hacia los operarios y personas previniendo riesgos que de una u otra forma podrían afectar.

Para dichas gestiones se requieren realizar análisis previos utilizando técnicas que permita establecer estándares de tiempos para realizar una actividad u trabajo.

2.2.8 Los seis perjuicios o pérdidas considerables

En los equipos que se analizan se identifican perjuicios que afectan la eficiencia de los mismos repercutiendo en la producción como son:

- Interrupción en la producción.
- Reducción de la velocidad de los equipos.
- Mala calidad en los productos elaborados o equipos deficientes.

2.2.8.1 Averías en los equipos fundamentales

Dependiendo el tipo de fallo que se dan los equipos fundamentales estos pueden ser eventual que va a permitir reparar inmediatamente, pero si es radical va a provocar los paros de producción o elaboración de productos con defectos.

2.2.8.2 Sin planificación las modificaciones y ajustes

En la industria normalmente se realizan cambios de formatos en la producción y elaboración de un determinado producto, al no planificar estas actividades se generan pérdidas de tiempo y en casos de ajustes mal realizados los productos con fallas o mala calidad.

2.2.8.3 Pausas menores

Normalmente en fallas que no tienen mayor repercusión como, desajustes o des calibración de piezas, sensores que detectan o bloquean la continuidad de la producción esto ya sea por productos con defectos se dan estas pausas menores que se pueden restablecer sin mayor intervención.

2.2.8.4 Disminución en la rapidez de la marcha de los equipos

Para identificar la eficiencia en un equipo se considera y compara las características de diseño y las características operativas, como es el caso de la velocidad, estas variaciones pueden darse por condiciones operativas o la falta de mantenimiento, el objetivo es que el equipo mantenga su eficiencia con la velocidad que se requiere o la de diseño.

2.2.8.5 Productos defectuosos

En la producción de determinado producto se generan defectos de calidad debido a fallas y averías en los equipos, estos pueden ser eventual y se pueden corregir de manera rápida restableciendo en el menor tiempo posible la producción, pero al ser averías permanentes se requieren estudios para realizar actividades de mejora.

2.2.8.6 Pérdidas en la puesta en marcha

Cuando se inicia una fase de producción siempre se considera la puesta en marcha de los equipos u maquinas actividades que empieza desde el arranque del equipo hasta la obtener la estabilización y acondicionamiento en el proceso, este tipo de actividades se consideran en cierta forma perdidas inevitables ya que son parte del inicio de un proceso, lo que se puede es reducir adiestrando al operador.

Estas pérdidas ocasionan o influyen el rendimiento del equipo y procesos, es importante mantener un criterio claro a fin de saber y entender que son actividades inevitables y no recaen en la cantidad y calidad de los productos.



Ilustración 7: Los seis perjuicios o pérdidas considerables y efectividad del equipo.

Fuente: El Autor.

2.2.9 Efectividad total de los equipos.



Ilustración 8: Representación gráfica del OEE.

Fuente: (mtm ingenieros para la mejora continua S.L 2017).

El OEE (Eficiencia Global de los Equipos-Overall Equipment Effectiveness), indicador de efectividad en las actividades que se realizan ya sea un equipo o un proceso. El OEE también se puede entender cómo 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.

Del mismo modo es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales en herramientas como 5s, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM y Six Sigma.

El indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes o índices del proceso de producción, como: disponibilidad, rendimiento y calidad.

2.2.9.1 Índice de disponibilidad

Es la tasa de operación, está relacionada con las pérdidas por averías y preparación de los equipos. Está basada en la relación entre el tiempo que el equipo está operativo y el tiempo planificado de trabajo. Donde el tiempo planificado o tiempo de carga es aquel que resulta de restar el tiempo de trabajo menos las paradas programadas. El tiempo de operación es el resultado de sustraer del tiempo de carga todas las paradas no programadas debido a fallos, cambios de herramientas, puesta a punto de la máquina, etc. Se espera que este índice sea superior al 90%.

A = Tiempo total de trabajo.

B = Tiempo de paros planeados.

C = A – B (Tiempo disponible).

D = Tiempo de paros no planeados.

E = C – D (Tiempo de operación).

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{E}{C}$$

2.2.9.2 Índice de rendimiento

Está afectado por la disminución de la velocidad de producción ya sea por tiempos muertos o por disminución de la máquina misma. Resulta de dividir la producción real entre la capacidad productiva. El valor esperado para este indicador es mayor a 95%.

$H = \text{Velocidad teórica (unid/min)}$.

$I = E \times H$ (Producción teórica).

$G = \text{Producción terminada} + \text{producción rechazada (Producción real)}$.

$$\text{ÍNDICE DE PRODUCCIÓN} = \frac{G}{I}$$

2.2.9.3 Índice de calidad

Está influenciada por los defectos tanto de producción como de puesta en marcha. Es el cociente de la producción sin defectos entre la producción real. El valor deseado para este índice es de más de 99%.

$K = \text{Producción rechazada}$.

$$\text{ÍNDICE DE CALIDAD} = \frac{(G - K)}{G}$$

Tabla 1: Aceptabilidad de valores del OEE.

Fuente: (Cruelles, 2010).

VALOR DE OEE	ACEPTABILIDAD	OBSERVACIONES
OEE<65%	Inaceptable	Muy baja competitividad.
67%<OEE<75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora.
75%<OEE<85%	Aceptable	Continuar con la mejora.
85%<OEE<95%	Buena	Buena competitividad.
>95%	Excelente	Excelente competitividad.

2.2.10 Etapas de Implantación del TPM

Introducción

Se establecen tres etapas para la implementación del TPM: etapa inicial, etapa de implantación y etapa de consolidación; desglosadas en un total de doce pasos que van desde la decisión tomada por la alta gerencia de implementar el TPM hasta la consolidación misma de la implementación. Hay que tomar en cuenta que para implantar el TPM en una empresa se requiere un promedio de dos años.

Tabla 2: Estructura de implementación de un sistema TPM
Fuente: (El autor).



2.2.10.1 Etapa inicial

2.2.10.1.1 Paso 1 El compromiso de las áreas gerenciales:

Para empezar la implantación del TPM es importante el compromiso y apoyo asumido por parte de los administradores y gerentes cuyos anhelos debe estar alineados con el resto de involucrados.

En la implementación es importante la comunicación tanto entre administrativos y directivos como el resto y se deben utilizar todos los medios posibles para su divulgación.

Un medio de difusión a utilizar la alta gerencia ante todo es de manera formal utilizando documentación que se envía a todo el personal para el conocimiento general.

Para una implantación exitosa se requieren actividades importantes a cumplir por parte de los gerentes como son:

- Los gerentes deben comprobar en todas las áreas e interactuar con los colaboradores las actividades que se van a desarrollar.
- Todos los principios del TPM debe estar claros y deben comprobar los gerentes.
- Mantener y transmitir el optimismo en el desarrollo del TPM.
- Es importante halagar al personal por el empeño que ponen en el desarrollo del TPM.
- Los resultados que se van obteniendo tomar con calma y criterio y dar a conocer los mismos.
- Siempre estar dispuesto a ayudar en los inconvenientes que se presenten.
- Es importante evaluar y juzgar, pero siempre con el objetivo de motivar.
- Hay que tomar en cuenta que los gerentes siempre estarán abiertos a incógnitas que se presentan en el camino, ayudando siempre a encontrar respuestas y solución a los inconvenientes.

2.2.10.1.2 Paso 2 Campaña para difundir el método:

Uno de los objetivos principales del TPM es la reforma de la educación en una empresa que implica la mejora del recurso humano, maquinas, equipos etc. como objetivo inicial entonces es el desarrollo de programas para capacitar a todas las áreas.

Existe un proceso para la implementación del TPM por lo que parte desde la socialización y correcta capacitación al personal

En este proceso se involucra a todo el personal por lo que la capacitación debe ser general a fin de que todos puedan participar en las diferentes actividades, se planifican actividades de campaña para dar a conocer a todos.

2.2.10.1.3 Paso 3 Formación del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo:

Aquí se considera la formación de coordinadores los mismos pueden ser los jefes departamentales que a la vez estarán encargados de formar equipos o grupos de trabajo.

Todos los grupos y equipos formados desarrollan determinadas actividades a ser supervisadas.

Es importante que la persona que lidera el grupo actividades asuma el compromiso y liderazgo ya que de este líder dependerá en gran parte el éxito de la implantación. Sin desconsiderar a todos los integrantes.

2.2.10.1.4 Paso 4 Política esencial y metas:

Es importante el alineamiento que debe existir entre la política de la empresa y el TPM como parte de la misma, basados siempre en los objetivos y metas.

Los objetivos y metas principales del TPM son eliminación o reducción de las averías a fin de obtener mayor disponibilidad de los equipos mejorando la productividad, todas estas metas se analizarán y medirán desde antes y durante la implantación.

2.2.10.1.5 Paso 5 Plan piloto:

Hay que tomar en cuenta que para la implementación del TPM se requieren varios procesos que se van evaluando los progresos y asimismo se van estableciendo los parámetros por lo que se hace necesario la formación de un plan piloto que actuara en todas estas etapas.

Todos los objetivos del TPM se basan en el mejoramiento de la eficiencia de los equipos y recursos humanos, objetivos que requieren un prolongado tiempo para implementarlos y obtener resultados.

2.2.10.2 Etapa de implantación

2.2.10.2.1 Paso 6 Inicio de la implantación:

Es importante la socialización inicial a todo el personal involucrado esto se realiza antes de la implantación.

Por parte de los directores se deben planificar programas de lanzamiento con el propósito de motivar a todos los involucrados.

La interacción y comunicación directa con los empleados de todas las áreas es importante para saber si están claros los objetivos y planes a desarrollar.

2.2.10.2.2 Paso 7 Levantamiento para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones:

(Kobetsu-Kaisen) Para mejorar un equipo se requiere realizar un levantamiento que permita identificar las necesidades para realizar dicho levantamiento se requiere personal de varias disciplinas.

Estos grupos formados siempre estarán siempre analizando e identificando los procesos que ralentizan un proceso total.

Es importante el apoyo y motivación constante a todos los integrantes de este grupo pidiendo siempre opiniones.

2.2.10.2.3 Paso 8 Implantación del mantenimiento autónomo:

El mantenimiento autónomo permite que el mismo operador se encargue del mantenimiento básico de su equipo, actividades que se realizan varios pasos:

Como primer objetivo es la inspección y la limpieza que se realiza al equipo por parte del mismo operador pudiendo de esta forma tener un equipo más eficiente. Las actividades a realizar son las siguientes:

- Limpieza del polvo, la suciedad y retiro de los desechos.

- Identificar anomalías.
- Si se presentan pequeños fallos en el equipo serán corregidas por el operador.

En este segundo objetivo o paso toma en cuenta las actividades de mejora para eliminar las fugas de lubricantes, aire, agua, etc. También la contaminación que se pudo generar, en especial en zonas de difícil acceso.

Es importante la estandarización de las actividades por lo que este tercer paso se basa en enunciar dichos criterios.

Todas las actividades estandarizadas como limpieza ajustes y lubricación con el propósito siempre de mantener el equipo evitando su deterioro.

Para realizar tales actividades deberán tener la respectiva capacitación los operadores y personal implicado.

La inspección general al equipo este cuarto paso lo hace el mismo operador donde también se requiere capacitación de cómo realizarlo.

La inspección autónoma a realizar el mismo operador tiene como fin este quinto paso además poder identificar y reparar daños menores

Es importante mantener las condiciones del equipo por lo que este sexto paso desarrolla y estandariza actividades.

Todas las actividades de mantenimiento autónomo deben ser aplicadas en su totalidad con todas las capacitaciones estandarizaciones y experiencias obtenidas en los pasos anteriores

2.2.10.2.4 Paso 9 Operatividad de los equipos por la ingeniería de producción (operación y mantenimiento):

Todos los pasos que anteceden deben ser normados y estandarizados por parte del equipo piloto.

Es importante que los equipos sean operados de manera simple y amigable como también el mantenimiento.

Para que un equipo sea eficiente, operativo y se puedan elaborar productos sin defectos es necesario que se establezca las características.

2.2.10.2.5 Paso 10 Implantación del sistema para la obtención de la eficiencia total en las áreas administrativas:

Tanto en las áreas administrativas como las áreas de producción es importante el apoyo común para una eficiencia global.

Es importante la aplicación y desarrollo de la filosofía justo a tiempo la misma se basa en la eliminación de los desperdicios.

Una evaluación objetiva para implementar mecanismos de mejora en la provisión de materiales herramientas etc.

2.2.10.2.6 Paso 11 Implantación del sistema, procurando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y buen ambiente de trabajo:

El establecimiento de consejos sobre seguridad.

El establecimiento y promoción de los cuidados del medio ambiente y condiciones inseguras.

Sugerencia como meta a cumplir sin accidentes ni contaminación.

2.2.10.3 Etapa de consolidación

2.2.10.3.1 Paso 12 Aplicación total del TPM y ampliación de las categorías:

En principio el TPM se aplica a determinados equipos, pero para una aplicación total es necesario ampliar hacia el resto de equipos para esto se plantea nuevos objetivos y planes.

2.2.11 Herramientas a aplicar dentro de la etapa de implantación del TPM

Luego de la etapa inicial en donde se crea un organigrama general de TPM y se establecen las directrices para la introducción del TPM en la empresa, como también se realiza el lanzamiento oficial de implementación de plataforma de introducción al TPM, se procede a desarrollar las herramientas propuestas por la plataforma que a continuación se analiza.

2.2.11.1 Mejoras enfocadas

Es común que las empresas tengan cierto grado de problemas de producción, unas más graves que otras, sería absurdo que los departamentos respectivos empiecen sin ningún análisis a invertir recursos en la resolución de estos problemas. Las mejoras enfocadas son aquellas actividades que se centran en aquellos problemas que producen las mayores pérdidas a la empresa con la finalidad de resolverlos planificada mente dejando los leves para unas posteriores intervenciones. (Astudillo, 2017).

Para la resolución de los problemas de producción, existen algunas herramientas, cada una con su metodología propia y creada para atacar inconvenientes específicos. En los siguientes subtemas se da a conocer la metodología de las herramientas que son parte del pilar “mejoras enfocadas” del TPM.

2.2.11.2 Capacitación y entrenamiento

El objetivo es aumentar la habilidad y capacidad de los trabajadores de acuerdo a los objetivos de la empresa para así conseguir altos niveles de desempeño en cada uno de los lugares de trabajo. La capacitación se debe iniciar desde el primer momento en el que se decide implantar TPM en una organización.

Se pueden dar dos formas de capacitación. La primera es fuera de la empresa, en centros de educación y formación. La segunda es dentro de la empresa, donde el desarrollo del aprendizaje se realiza en la realidad misma del lugar de trabajo y por ende mucho más aprovechable que la primera opción.

Para cada una de las herramientas que plantea esta plataforma, se deberá capacitar al personal respectivo que las va a desarrollar y con ello conseguir una correcta implementación y sobre todo mantenerla en el tiempo.

2.2.11.3 Grupos KAIZEN

KAIZEN vocablo japonés: KAI-cambio y ZEN-bueno. De esta manera podemos traducir la palabra KAIZEN como cambio para mejorar o como se lo conoce en el mundo del TPM como mejora continua. Ésta metodología está enfocada en el mejoramiento de los procesos en pequeños pasos, significativos y económicos pero sobre todo con el apoyo de la gente que está en la operación (Sánchez & Lemus, 2010).

La metodología KAIZEN está directamente relacionada con el ciclo de Shewhart o conocido como ciclo PHVA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

La etapa de Planificar primeramente define el área para mejorarla, define el problema, objetivos y procesos necesarios a aplicar para solucionar el problema.

El Hacer tiene como finalidad primeramente la capacitación al personal acerca de los procesos planificados e implementar dichos procesos. Es necesario documentar todo lo que se realice, haya sido o no planificado.

En la verificación se evalúa si las actividades fueron desarrolladas, los resultados concuerdan con los objetivos, etc. para ver si se ha conseguido las mejoras esperadas. Las conclusiones que se puedan sacar de esta etapa deben estar documentadas.

Por último, se tiene el Actuar que hace referencia a la modificación de los estándares de acuerdo a las conclusiones obtenidas en la verificación, para de esta manera mejorar continuamente el sistema de producción.



Ilustración 9: Ciclo Deming-Shewhart.

Fuente: El Autor.

Con base en los conceptos de mejora continua, se puede formar grupos interdisciplinarios conformado por diferentes niveles de responsabilidad quienes deben estar capacitados en herramientas de análisis y eliminación o disminución de pérdidas en las empresas. Son precisamente estos grupos los encargados en implantar cada una de las metodologías explicadas en esta plataforma.

2.2.11.4 Programa de orden y Limpieza 5S

Introducción

En la implementación de programas de mejora en equipos y la producción es importante partir de programas básicos, pero no menos esenciales destinados a ordenar y limpiar como es las 5s con reglas sencillas.



Ilustración 10: Herramienta 5S's.

Fuente: [http: https://www.lacorformacion.com](https://www.lacorformacion.com).

LAS 5'S de orden y limpieza son:

- Seiri - Clasificar
- Seiton -Ordenar
- Seiso -Limpiar
- Seiketsu -Estandarizar
- Shitsuke -Disciplina

2.2.11.4.1 Seiri

El Seiri de la clasificación consiste en:

- Clasificar en el lugar de trabajo las cosas que valen.
- En el trabajo monótono clasificar lo necesario.
- Eliminar los excesos obteniendo solo lo que se necesita
- Para agilizar el trabajo es necesario clasificar los elementos de acuerdo al uso que se da, regularidad de uso etc.
- identificar y eliminar los elementos que estén afectando el funcionamiento normal de los equipos.

La clasificación es importante en estas asimismo ya sea en el puesto de trabajo, equipo u oficina eliminar todos los elementos innecesarios que puedan afectar el normal desempeño o producción.

2.2.11.4.2 Seiton

La organización consiste en:

- En la primera s se clasificaron los elementos importantes en esta 5s se organizan para una utilidad rápida.
- También es importante establecer o adecuar un lugar donde ubicar dichos elementos importantes.
- Luego de que se utilizan los elementos es necesario devolverlos a su lugar por lo que serán determinados.

En la organización es importante la ubicación de los elementos con el fin de encontrarlos fácilmente y asimismo sean devueltos a su lugar.

2.2.11.4.3 Seiso

La limpieza consiste en:

- En una industria siempre hay exposición de los elementos al polvo y suciedad por lo que se hace necesario una limpieza.
- Cuando se realiza la limpieza hay que verificar el equipo.
- Es importante comprobar posibles averías fugas.

La limpieza en el área de labor u oficina es la prioridad en esta 5s asimismo identificando las posibles averías.

2.2.11.4.4 Seiketsu

Para una correcta implementación y conservación de las tres primeras 5s es necesario estandarizar de esta manera mantener lo alcanzado.

El orden y la limpieza son actividades muy importantes que se requieren mantener por lo que el propósito este 5s es preservarlo.

2.2.11.4.5 Shitsuke

La disciplina consiste en:

- Una vez establecido los estándares planteados en la 4s es necesario cumplir para que el orden y limpieza se mantenga.

- Todas estas actividades deberán volverse un hábito que pueda ser controlado por el mismo ejecutante.
- Cuando se elaboran y se establecen estas normas es necesario darle la importancia del caso.
- Actividades que promueven el respeto en general.

Una vez creadas y establecidas todas estas actividades es necesario que se vuelva un hábito por parte de los ejecutantes todo esto conlleva a crear un ambiente más agradable y respetable.

2.2.11.4.6 Mejoras con las 5S:

- Mayores niveles de seguridad que implican una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más corto
- Aumenta la vida útil de equipos
- Genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas, se reducen los defectos por falla de equipos y operarios.

2.2.11.5 Sistemas visuales

Por todos lados encontramos señales que llaman nuestra atención: logos de compañías, alertas, prohibiciones, etc. Todas ellas con diseños, colores y formas a las cuales respondemos con mayor facilidad y son mucho más rápidas de interpretar que cuando se las explica con palabras. Este mismo sistema se lo puede emplear en el interior de las empresas para trabajar de una forma más segura, eficiente y controlada. (Astudillo,2017).

El desarrollo de esta herramienta conlleva algunas etapas las cuales se describen a continuación.

2.2.11.5.1 Selección de la máquina o sección

El primer paso que se debe dar es la elección del área en la que se va a incorporar sistemas visuales. La elección de esta zona se la realiza teniendo en cuenta a la de mayor cuidado y que tiene que ser monitoreada constantemente. Otro factor para identificar la zona piloto es de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia de errores humanos y/o técnicos.

2.2.11.5.2 Observar y documentar la situación actual

Es necesario realizar un análisis del proceso, identificando las zonas de mayor control, en donde es inaceptable los errores ya sean humanos o técnicos. También es recomendable realizar un estudio en históricos de la/s zonas con mayor frecuencia de errores donde se producen defectos en el producto. Todo este análisis debe estar documentado y respaldado por fotografías, tablas, videos, etc. para luego poder hacer una comparación con el antes y el después.

2.2.11.5.3 Análisis de factibilidad de las herramientas visuales

No todos los equipos o procesos son aptos para las herramientas visuales, como no todas las herramientas visuales son aptas para todo equipo o proceso. Es por este motivo que se deberá analizar la posibilidad de que cierto sistema visual pueda ser aplicado al proceso seleccionado para ser uso de esta herramienta. Este análisis puede ser de índole: económico (en el caso de que la solución sea más costosa que sostener el problema), técnico (en el caso de que sea imposible su implementación, por ejemplo, falta de suministro eléctrico) o físico (cuando el espacio físico no es el suficiente como para insertar el sistema visual, por ejemplo, su implementación entorpecerá el paso del personal o de vehículos).

2.2.11.5.4 Para prevenir errores (poka yoke)

Todo sistema o mecanismo que permita identificar errores antes de que sucedan se les denomina sistema poka yoke se evidencian para ser percatados por los ejecutantes .

En un sistema poka yoke se pretende anular los errores que se puedan dar en los equipos o maquinas.

En caso de que existan fallos en el sistema poka yoke se dan y se exigen las inspecciones correspondientes.

Para reducir los defectos se realizan inspecciones tales como:

- revisar al comienzo de la línea de producción o proceso
- auto revisión
- revisión consecuente.

2.2.11.5.4.1 Funciones reguladoras del Poka Yoke:

- Plan de verificación: los equipos dejan de funcionar para evitar que se siga dando el defecto.
- Plan de prevención: a través de señales luminosas o sonoras se advierte al operario de la anomalía.

2.2.11.5.4.2 Clasificación de los métodos Poka Yoke:

1. Plan de contacto: cuando se elaboran piezas existen sensores que detectan su acabado.
2. Plan del valor fijo: cuando las anomalías se dan continuamente la inspección se basa en dichas repeticiones.
3. Plan del paso-movimiento: en base a movimientos determinados se detectan las anomalías es un plan muy aplicado debido a que es más efectivo y preciso que el resto

2.2.11.5.4.3 Características principales de un buen sistema Poka Yoke:

- Los costos de los dispositivos poka yoke son económicos.
- Las inspecciones y detecciones de anomalías son total en un proceso
- Normalmente estos dispositivos e localizan donde se presenta las anomalías u defectos.

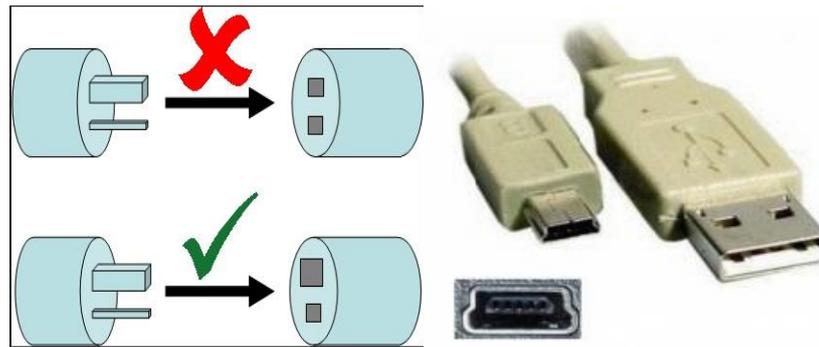


Ilustración 11: Ejemplo sistema Poka Yoke.

Fuente: El Autor.

2.2.11.5.5 Indicador visual (ANDON)

El indicador visual andón como su nombre lo dice consta de un tablero que indica las situaciones que se dan ya sea en una planta de producción en cada área o equipo está formado señales luminosas y también de audio que se basa en el color y dependiendo de esto se identifica la anomalía o estado:

- Rojo: equipo dañado.
- Azul: pieza deficiente.
- Blanco: terminado del producto.
- Amarillo: en espera para cambio de formato.
- Verde: en espera para reaprovisionamiento de material.
- Sin luz: operación y producción normal.



Ilustración 12: Ejemplo sistema Andón.

Fuente: El Autor.

2.2.11.5.6 Seguimiento de sistemas visuales

Para realizar el seguimiento de los sistemas visuales se realiza una lista de verificación con las que analizaremos el aporte de las herramientas utilizadas. En la inspección visual es en donde se realiza una comparación entre el antes y el después de la implementación de Poka Yoke y andon. Con ella se puede notar la necesidad de implantar más sistemas visuales en el proceso de producción.

Las preguntas a ser evaluadas serán definidas por el grupo de trabajo de acuerdo a la realidad de la empresa. En la siguiente tabla se presentan una propuesta de lista de verificación la cual puede ser tomada como base para ser aplicada, pudiendo añadir o eliminar preguntas según la necesidad.

Tabla 3: Lista de verificación para sistemas visuales.

Fuente: El Autor, basado en (Astudillo, 2017).

0 = No hay implementación / 1 = Un 30% de cumplimiento

2 = Cumple al 65% / 3 = Un 95% de cumplimiento

FORMATO PARA EVALUAR EL SISTEMA		Calificación.
Sistemas Visuales		
1	No son muy comunes los errores humanos en el proceso de producción	1
2	Se ha introducido algún sistema visual en el proceso de producción	2
3	El sistema visual introducido es de fácil comprensión y utilización	3
4	El sistema visual introducido es útil para el proceso de producción	3
5	Han disminuido los errores humanos	1
6	Han disminuido las fallas mecánicas	1
7	El tiempo de respuesta por parte de mantenimiento ha disminuido	2
8	El reconocimiento de las fallas es más sencillo	3
9	La tasa de accidentabilidad ha disminuido	1
10	Los defectos en el producto final han disminuido	2

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 4: Resultados de lista de verificación de sistemas Visuales.

Fuente: El Autor.

	PORCENTAJE	PUNTOS
Sistemas visuales	63%	19

Regular	Bien	Excelente
> 50 %	> 70 %	> 90 %

2.2.11.6 Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo es uno de los pilares de la implantación del TPM.

Es el paso que se encarga de transformar a los operarios que hasta ahora solo se centraban en la producción, a tener que realizar también el mantenimiento básico, convirtiéndose en especialista de su propia máquina.

El mantenimiento autónomo se puede dividir en siete pasos:

2.2.11.6.1 Limpieza inicial

Lo más difícil es la limpieza inicial, hay que fomentar el orden y la limpieza como filosofía de trabajo.

2.2.11.6.2 Proponer medidas para eliminar causas que generan basura y polvo

Manteniendo el equipo limpio se reduce el tiempo de limpieza y el operario propondrá medidas para evitar el desorden, la suciedad, etc.

2.2.11.6.3 Estándares de limpieza y lubricación

Los grupos de trabajo del TPM ponen los estándares de mantenimiento básico, la limpieza, lubricación y reapriete de las diferentes piezas de la máquina.

2.2.11.6.4 Inspección general

En este paso se ensaya la detección de fallos con una inspección general del equipo, que con una formación correcta del operario se desarrollarán habilidades para detectar anomalías.

2.2.11.6.5 Inspección Autónoma

Se revisan los estándares creados en las 4 etapas anteriores para afianzar las actividades del mantenimiento autónomo. Se realiza el manual de inspección autónoma, complementando las inspecciones de grupos de trabajo de operadores y personal técnico, tanto con equipo parado, o equipo en marcha.

Cuando el paso 4 está consolidado se pueden realizar los programas de mejoras de diseño del equipo, mantenimiento preventivo, mantenimiento anual, culminando en la creación del manual de acción correctiva.

2.2.11.6.6 Organización y ordenamiento

Organizar realizando procedimientos y estándares creados por dirección y mandos intermedios. Ordenamiento es adherirse a los estándares por parte de los operarios. En este paso se fomenta, simplifica y organiza el mantenimiento autónomo.

En este punto los operarios soportan el mantenimiento preventivo y correctivo a nivel básico, detectan fallos, producen solo calidad, etc.

2.2.11.6.7 Implantación del mantenimiento autónomo

Al terminar las actividades de los grupos de trabajo, guiadas por los supervisores los trabajadores son verdaderos profesionales, independientes, especialistas capaces de generar su propio trabajo, mejorar el equipo y el proceso.

Este proceso de siete puntos es lento y puede llevar varios años desde la idea a la implantación total.

2.2.11.7 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipo.

2.2.11.7.1 Implementación del Mantenimiento preventivo

En la implementación de un plan de (MPP) se hace necesario seguir los siguientes pasos, aunque estos pueden tener variaciones dependiendo de cómo este estructurada su organización, de sus políticas y otros factores, pero todas las opciones se pueden manejar en un momento determinado.

1. Establecer las metas y los objetivos

En la implementación del mantenimiento preventivo que se aplica a un determinado equipo u equipos es necesario partir de planes y actividades básicas para luego continuar y ampliar la implementación.

2. Establecer los requerimientos para el mantenimiento

Decidir qué tan extenso pueda ser su programa de mantenimiento preventivo. Qué debe de incluir y dónde debe de iniciar:

- Maquinaria y equipo a incluir.
- Áreas de operación a incluir.
- Decidir si se van a incluir disciplinas adicionales al programa de mantenimiento preventivo.
- Declare la posición del mantenimiento preventivo.
- Medición del mantenimiento preventivo.
- Desarrollar un plan de entrenamiento.
- Reunir y organizar los datos.

2.2.11.7.2 Pasos para establecer el programa de mantenimiento preventivo

1. Los equipos que incluya en el programa de mantenimiento preventivo deben de estar en el listado de equipos.
2. Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo). Esta tabla le indicara al sistema con qué frecuencia debe de generar las órdenes de trabajo, o su gráfico de MPP, así como el establecimiento de otros parámetros para su programa.
3. Requiere planear sus operarios y contratistas para sus órdenes de trabajo de MPP, su programa necesitará de códigos de oficios y actividades. Adicionalmente necesitará ingresar estos datos a la base de datos electrónica o enlazarlos de alguna manera con su programa de MPP.
4. La planeación y el uso de materiales y refacciones en los registros del MPP por máquina, requiere para ello ingresar con anticipación los artículos de inventario y enlazarlos a su programa de MPP.
5. Debe tener procedimientos detallados o listados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control de allí que tenga que planear su codificación, también es buena idea mantenerlos en "file" por máquina o equipo. Busque siempre soluciones simples.
6. Tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo: Una vez que ha seleccionado la maquinaria y equipo que será incluido en su programa de MPP, necesitará determinar qué frecuencia va a utilizar en cada orden de trabajo que se ha de emitir.
7. Calendario: Determinar un número de días entre las inspecciones o ejecución de los MPP. Usualmente la mayoría de su equipo caerá dentro de esta categoría. Este el tipo de mantenimiento preventivo es más fácil para establecer y controlar.
8. Uso: El número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones, requiere que alguna rutina sea establecida para obtener la lectura y medición de los parámetros.

9. Calendario / uso: Una combinación de los dos anteriores. Entre 30 días o 100 horas lo que ocurra primero. Solamente se requiere una rutina de medición y lectura de los datos.

2.2.11.7.3 Procedimientos del mantenimiento preventivo. (Listado de rutinas)

El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección o ciclo. Existen varias formas para realizar estos procedimientos en las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

Los procedimientos permiten insertar detalles de liberación de máquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranque y prueba, reporte de condiciones, carta de condiciones, manual del fabricante, recomendaciones del fabricante, observaciones, etc.

Relacionar los procedimientos a la orden de trabajo y los reportes maestros individuales de mantenimiento preventivo. De ser posible utilizar o diseñar procedimientos para la orden de trabajo correctivo, o rutinario. En algunos casos se colocan los procedimientos en un lugar específico en la máquina.

Utilizar un procesador de palabras externos para esta función, y programas para planos, dibujos y fotografías.

1. Tipos de servicios prestados en el mantenimiento preventivo

- Servicio diario del equipo: Su objetivo comprobar del estado del equipo, de los mecanismos de dirección, de los elementos de lubricación, así como comprobar cumplimiento de las normas de trabajo.
- Trabajos periódicos: No son más que trabajo que se realizan cada determinado tiempo y son desarrollado por los ajustadores.
- Revisión: Se realiza entre una reparación y otra según el plan correspondiente al equipo.
- Reparación pequeña: es un tipo de reparación preventiva, es decir una reparación para poder predecir posibles defectos del equipo.
- Reparación mediada: Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación o sustitución de piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria y potencia y del equipo hasta la próxima reparación planificada.
- Reparación general: Es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo, durante la cual se realiza el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como de la reparación de las piezas básicas del equipo.

- Reparación imprevista: Este tipo de reparación como indica su nombre se efectúa cuando ocurre una avería.

2.3 Herramienta estadística de control Seis Sigma

Six Sigma es una metodología de la gerencia de calidad que provee a las empresas de herramientas para mejorar la capacidad de sus procesos de negocios.

Este aumento en el desempeño y la disminución de la variación de los procesos conducen a la reducción de defectos y a la mejora de los beneficios, de la moral del empleado y de la calidad del producto.

Se centra en el control de un proceso para llevarlo desde su línea de partida hasta el punto sixsigma (desviaciones del estándar) es decir, a un nivel de 3,4 defectos por un millón de productos producidos.

La Estrategia Seis Sigma es un nuevo enfoque de mejora continua.

La Estrategia Seis Sigma en la función de mantenimiento se aplica en idénticas condiciones que en otro tipo de áreas funcionales y negocios.

El origen japonés del SixSigma se puede observar por el sistema de cinturones que usa. Si se es nuevo en el SixSigma estará en un entrenamiento básico por tanto se es un cinturón verde. Personas con responsabilidad serán cinturón negro.

En la metodología Seis Sigma se destacan tres grandes bloques:

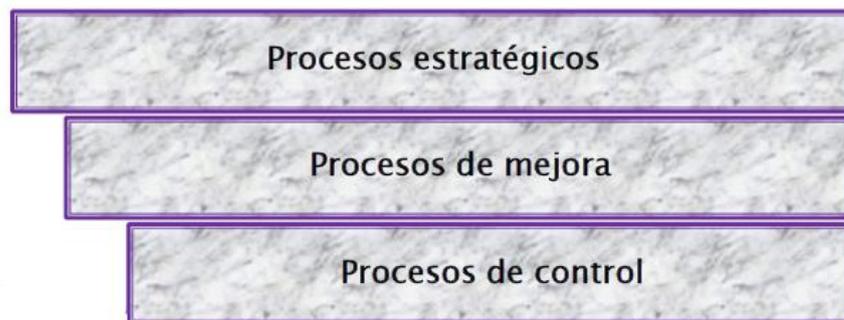


Ilustración 13: Procesos estratégicos Seis sigma.

Fuente: El autor.

Los procesos de la metodología Seis Sigma explicada desde la óptica de la función de mantenimiento:

Los procesos estratégicos están relacionados con la identificación de los procesos críticos del negocio que tienen alto impacto en el logro de los objetivos estratégicos de la compañía. Su propósito final es la de identificar los *coreprocess*, clientes y objetivos clave.

Los procesos de mejora tienen que ver con los mecanismos utilizados para medir el estado actual de los procesos clave seleccionados, valorar las posibilidades de ser optimizados, identificar las variables sobre las que se debe actuar y diseñar planes concretos de mejora.

Los procesos de control están relacionados con las actividades de gestión de las acciones cotidianas para asegurar que los logros se mantienen a través del tiempo.

La metodología Seis Sigma más difundida en la industria y negocios internacionales es la de General Electric, descrita como DMAIC:

- Definir: Se trata de identificar los procesos críticos que afectan los resultados de la función o el negocio. Una vez identificados los procesos, se definen los clientes, sus necesidades y las metas a alcanzar en la optimización de los procesos clave.
- Medir: Se definen las medidas clave de los procesos, sus inputs y outputs con el propósito de conocer el estado actual y las posibilidades de ser mejorados. Las medidas se expresan en términos de sigma.
- Análisis: se formulan hipótesis que se deben comprobar para identificar las variables clave que se deben optimizar.
- Mejora (improve): Se desarrollan actividades que permitan reducir la variabilidad de las características seleccionadas para la optimización del proceso, se implantan soluciones y diseñan sistemas de seguimiento.
- Control: Se asegura el sostenimiento de las mejoras a través del tiempo.

2.3.1 Pasos para una gestión de mantenimiento con seis sigma

1. Tener una postura estratégica clara de cómo la función de mantenimiento contribuye al logro de los objetivos estratégicos del negocio.

Con esta visión se seleccionan los procesos clave que desarrolla mantenimiento; define los clientes clave y objetivos a alcanzar.

Definir el equipo gestor del proyecto de mejora (Los términos *blackbelty greenbelt*, son empleados por GE para definir los roles de las personas que intervienen en el equipo del proyecto de mejora)

2. Establecer las métricas o medidas que permitan conocer el estado de las variables de los procesos clave seleccionados.

Dependiendo del proceso seleccionado se aplicarán métodos cuantitativos o cualitativos para la medición.

Se busca identificar las causas de variabilidad del proceso y las variables que introducen esta variabilidad. Algunos estudios R&D podrán ser útiles en aquellos casos en que las variables son cuantitativas.

Una vez identificado el estado actual de las variables críticas, se procede a formular objetivos de mejora. Por ejemplo, se puede seleccionar como variables críticas de su proceso la medición y control del MTBF de sus equipos críticos.

3. Para el análisis de las causas de variabilidad se pueden emplear numerosas técnicas.

Las más habituales son: análisis de flujo de procesos, estratificación de información, principio de Pareto, diagramas de afinidad y relaciones, histogramas, análisis de capacidades de procesos y otras técnicas estadísticas simples.

Como resultado de la aplicación de estas técnicas, se identifican las causas clave sobre las que se debe actuar.

4. Formulación de planes de acción. En esta fase del proyecto se diseñan acciones correctivas las cuales se deben implantar para eliminar las causas clave de la variación del proceso. Si es necesario se rediseña un nuevo proceso para realizar un trabajo o prestar un servicio.

5. Los gráficos de control estadísticos por atributos o variables son instrumentos útiles para seguir el avance de las acciones implantadas.

2.4 Herramienta estadística Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enunció en su momento que "el 20% de la población, poseía el 80% de la riqueza".

Evidentemente son datos arbitrarios y presentan variaciones al aplicar la teoría en la práctica, éste principio se aplica en muchos ámbitos, entre ellos en el control de la calidad, ámbito en el que suele ocurrir que el 20% de los tipos de defectos, representan el 80% de las inconformidades.

El objetivo entonces de un diagrama de Pareto es el de evidenciar prioridades, puesto que en la práctica suele ser difícil controlar todas las posibles inconformidades de calidad de un producto o servicios

Como ejemplo vamos a suponer que en un proceso donde se produce refrigeradores se desea establecer controles sobre los defectos que aparecen en las unidades que salen como producto terminado en la línea de producción. Para ello se hace imperativo determinar cuáles son los defectos más frecuentes. Primero se clasifica todos los defectos posibles:

- Motor no detiene
- No enfría
- Burlete defectuoso.
- Pintura defectuosa.
- Rayas
- No funciona
- Puerta no cierra
- Gavetas defectuosas.
- Motor no arranca
- Mala nivelación

- Puerta defectuosa.
- Otros

Después de inspeccionar 88 refrigeradores defectuosos, se obtiene la siguiente tabla de frecuencias:

Tipo de defecto	N°
Burlete def.	9
Pintura def.	5
Gavetas def.	1
Mala nivelación	1
Motor no arranca	1
Motor no detiene	36
No enfría	27
No funciona	2
Otros	0
Puerta def.	0
Puerta no cierra	2
Rayas	4
Total	88

Se ordenan los datos y se anexan a una columna de frecuencias y otra de frecuencias acumuladas:

Tipo de defecto	N°	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Motor no detiene	36	40,9%	40,9%
No enfría	27	30,7%	71,6%
Burlete def.	9	10,2%	81,8%
Pintura def.	5	5,7%	87,5%
Rayas	4	4,5%	92,0%
Puerta no cierra	2	2,3%	94,3%
No funciona	2	2,3%	96,6%
Motor no arranca	1	1,1%	97,7%
Mala nivelación	1	1,1%	98,9%
Gavetas def.	1	1,1%	100,0%
Puerta def.	0	0,0%	100,0%
Otros	0	0,0%	100,0%
Total	88	100,0%	

El diagrama de Pareto quedaría así:

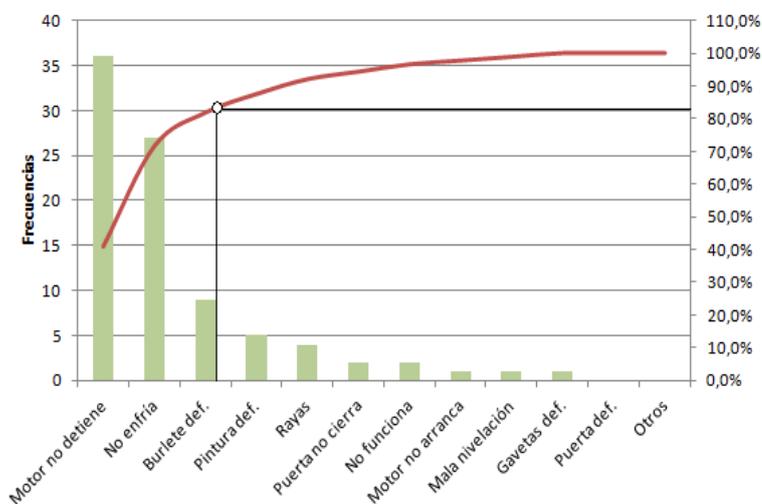


Ilustración 14: Ejemplo diagrama de pareto.

Fuente: Fuente: [ingenieriaindustrialonline.com](https://www.ingenieriaindustrialonline.com). (2016). Diagrama de pareto. [figura]. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>

En éste caso el 81,8% de los defectos del proceso corresponden al 25% de los tipos de defectos, es decir que tan solo solucionando las 3 principales inconformidades se solucionarían el 81,8% de unidades defectuosas.

2.5 Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)

En todo sistema de producción es necesario identificar las fallas ya sea en los productos o procesos para poder tomar los correctivos necesarios en base a una evaluación previa para de esta forma evitar nuevas ocurrencias.

La información que se dispone en una organización es importante por lo que el AMEF es una herramienta que ayudara a clasificar esta información.

2.5.1 Tipos de AMEF

El procedimiento Análisis del modo y efecto de fallas puede aplicarse a:

- En la elaboración de productos el procedimiento AMEF en el proceso de fabricación de inicio a fin ayuda a detectar las posibles anomalías también pudiendo identificar y prevenir.
- En los procesos al igual que la elaboración de productos ayuda a detectar y prevenir las anomalías en todas las etapas de un proceso.

- En los sistemas el AMEF asimismo ayudan a identificar las posibles fallas y anomalías en un determinado software asimismo evalúa y los efectos que se pueden dar en su marcha.
- El AMEF al ser una herramienta proactiva se puede aplicar en todo proceso partiendo de un análisis de los modos y efectos a fin de prevenir o evitar anticipadamente.

2.5.2 Pasos para realizar un proceso AMEF

En la aplicación del AMEF y su posterior desarrollo se requiere información anticipadamente con el fin de documentar e ir evaluando.

Al ser una herramienta metódica sigue los siguientes pasos:

1. En la aplicación de esta herramienta es importante partir de representaciones gráficas.
2. Crear equipos de trabajo.
3. Establecer los pasos graves de un proceso o sistema.
4. Se identifica todas las anomalías probables que se puedan dar en un proceso identificando los efectos a fin de examinar su grado de rigurosidad.
5. Se identifican todas las anomalías sus causas su grado de ocurrencia.
6. Con el fin de detectar y evaluar se aplican medias de localización.
7. De todos los fallos obtenidos se da un valor de prioridad y según este valor se toman acciones.
8. Las acciones a tomar pueden ser para mejorar evitar o corregir.

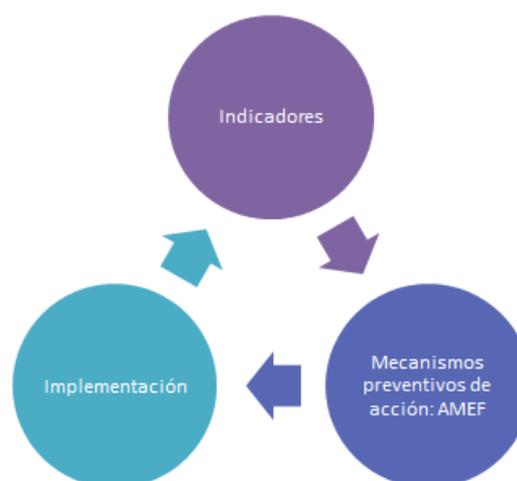


Ilustración 15: Representación gráfica proceso AMEF.

Fuente: ingenieriaindustrialonline.com. (2016). AMEF. [figura]. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

CAPÍTULO 3 PLATAFORMA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE TPM A LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DEL BANCO DEL AUSTRO.

3.1 Objetivos

- Definir e Identificar los equipos eléctricos críticos que proveen y respaldan energía en la edificación principal Banco del Austro.
- A través de herramientas estadísticas medir y documentar los fallos de los equipos eléctricos
- Analizar los fallos y posibles fallos de los equipos eléctricos.
- Propuesta de empleo de técnicas para mejorar el mantenimiento en los equipos.
- A través del tiempo controlar el sostenimiento de las técnicas aplicadas y sus resultados.

3.2 Política

El Banco del Austro al ser una institución financiera sólida con responsabilidad social en todos los ámbitos a nivel nacional e internacional, tomando en cuenta la edificación principal como el corazón del banco se caracteriza por ser el eje y referente para el resto de sucursales en el manejo del departamento de mantenimiento eléctrico aplicando herramientas de gestión para un servicio continuo sustentable y confiable.

3.3 Meta

Proponer planes de mantenimiento en el departamento de mantenimiento eléctrico en los diferentes equipos eléctricos del Banco del Austro agencia principal mediante el sistema de gestión TPM aplicando la herramienta seis sigma como herramienta estratégica a fin de contribuir al logro de los objetivos estratégicos del banco.

3.4 Beneficios esperados

La organización del departamento de mantenimiento eléctrico planificando sus diferentes actividades con mantenimientos autónomos, correctivos, preventivos etc.

3.5 Estructura Organizativa

Empezando por líder TPM es en quien recae toda la responsabilidad del proyecto, de él depende la dirección a tomar con un determinado y planificado tiempo de ejecución. Esta persona puede pertenecer o no a la empresa, pero su conocimiento respecto a la herramienta a aplicar debe ser amplio.

En el caso del auditor TPM corresponde a un experto en la materia, ya que es la persona quien guía el trabajo de implementación como también la aplicación de las distintas herramientas de una manera acertada. Por lo general esta persona es externa a la empresa.

Para el apoyo logístico es necesario que sea una persona con suficiente autoridad ya que estará encargado en dar las facilidades para la ejecución del proyecto y fluya de una forma correcta, es necesario que esta persona sea interna en la empresa.

En el caso del ingeniero de mantenimiento es quien en unión con los técnicos propone, los planes de mantenimiento este ya sea correctivo o preventivo. Se recomienda que estas personas sean internas de la empresa, aun tomando en cuenta si es contratado el mantenimiento.

Quien encabeza el grupo es el coordinador TPM además es el encargado en desarrollar y sostener las herramientas TPM y también la herramienta estadística Seis sigma que se fusionan en esta tesis.

Todos estos grupos, deben trabajar en conjunto, con la supervisión del líder TPM y del auditor TPM, para que la implantación se produzca de una forma correcta.

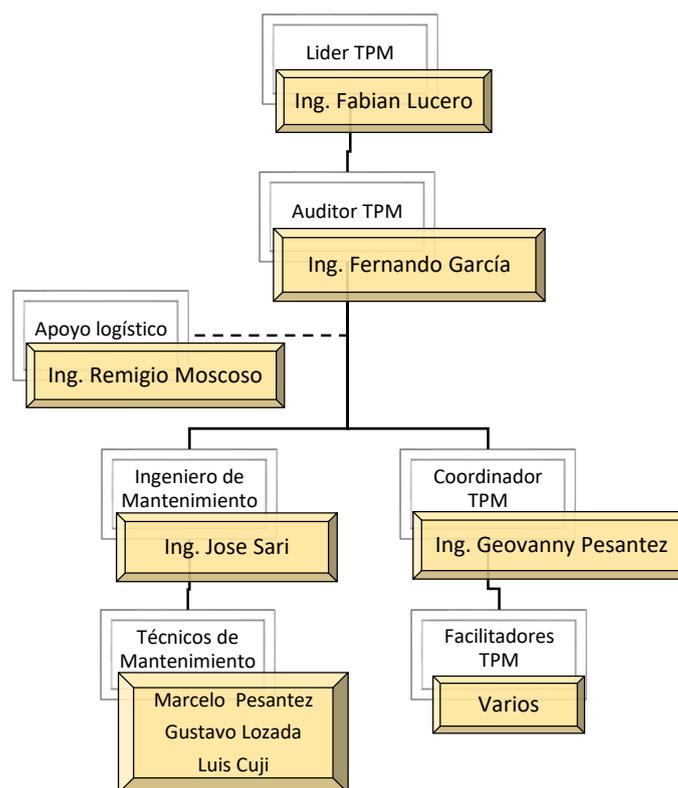


Ilustración 16: Estructura organizativa para TPM del Banco del Austro.

Fuente: El autor.

3.6 Promoción

Hay que tomar en cuenta que se cuenta con el apoyo y colaboración de los administradores del Banco del Austro, pero al ser la estructura organizativa extensa, se toma en cuenta desde el área administrativa principal del cual depende el departamento de mantenimiento con sus integrantes y asociados.

El grupo está conformado por:

- Ing. Fabián Lucero Líder
- Ing. Remigio Moscoso Administrador Banco del Austro agencia principal
- Ing. Fernando García Auditor

3.7 Implantación del plan de trabajo

En la implantación del trabajo se hace a través de la herramienta seis sigma como una de las metodologías para la calidad más importantes utilizada en la actualidad. Esta metodología de la gerencia de calidad que provee a las empresas herramientas para mejorar la capacidad de sus procesos de negocios, es un enfoque de mejora continua. La estrategia seis sigmas en la función de mantenimiento se aplica en idénticas condiciones que en otro tipo de áreas funcionales y negocios (Espinoza 2018).

El fin es definir, medir, analizar, mejorar y controlar, el mantenimiento de los equipos eléctricos. La idea principal es medir los problemas en dicho equipos y departamento a fin de implementar actividades y técnicas de mejoramiento.

En este método seis sigma incurren la misma promoción o grupo de colaboradores que se presenta en el TPM ya que al desarrollar esta herramienta se aplica directamente la plataforma TPM en cada uno de sus pasos.

3.8 Justificación del uso de la metodología Seis sigma

3.8.1 Objetivos del presente proyecto

Buscar detectar reducir y eliminar errores y defectos en los equipos eléctricos críticos del banco del austro los cuales al fallar causan malestar y fallo del sistema en las diferentes transacciones bancarias influyendo en su reputación como entidad bancaria confiable.

3.8.2 Objetivos del uso de la metodología Seis sigma

Al aplicar la metodología seis sigma esta contribuye a mejorar la disciplina en el manejo de la información de mantenimiento, se valora la importancia de los datos que arrojan las intervenciones en los equipos y el uso eficaz de la información para diseñar estrategias de mantenimiento óptimas.

3.8.3 Las 5 etapas de la metodología seis sigma que orientaran el presente proyecto:

La definición del objetivo.

La medición del o los problemas.

El análisis del o los problemas.

La mejora en el mantenimiento.

El control de las herramientas y mejoras aplicadas.

3.8.4 Etapa de Definición

Como objetivo principal en esta etapa es comprender, fijar, interpretar y definir el problema a analizar, así como demostrar:

- El efecto de mejora para el departamento de mantenimiento.
- La obligación de manejarlo como un proyecto integro en el banco para lograr el objetivo mediante un claro decreto de las metas a lograr.

3.8.4.1 Impacto del proyecto

Este proyecto se alinea con reglamentos y políticas del banco que son:

- Brindar servicios bancarios con transacciones continuas, seguras y confiables
- Mejorar continuamente el servicio bancario ofreciendo la mejor calidad de servicio a los clientes.
- Reducir fallos y paros en los equipos eléctricos, así como también costos de mantenimiento.

3.8.4.2 Beneficios del proyecto

Mejora en el servicio al cliente: transacciones seguras y con un servicio constante sin cortes por fallos de provisión de energía en su data center.

Reducción de fallos: al tener un mantenimiento planificado en los diferentes equipos eléctricos se provee y se detecta fallos a tiempo a fin de tomar acción determinada, así como también se reducen los costos de mantenimiento.

3.8.4.3 Plan del proyecto

Para la elaboración del proyecto se basa en etapas principales del seis sigma como: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Tabla 5: Cronograma de actividades Seis sigma.

Fuente: El Autor.

ACTIVIDADES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DEFINICION	█	█	█					
MEDICION		█	█	█	█			
ANALISIS				█	█	█	█	
IMPLEMENTACION					█	█	█	█
CONTROL							█	█

3.8.4.4 Mapeo de los principales equipos mantener en el departamento de mantenimiento

Área de estudio: Departamento de mantenimiento eléctrico de la agencia principal del Banco del Austro en el cual se desarrollan actividades de mantenimiento para los equipos eléctricos tales como: transformador, tablero de control, UPS, generador, sistema de A/A y sistema de contraincendios.

Estos equipos están conectados entre sí de manera serial y paralela formando un sistema que se denominaría para la aplicación de esta metodología como un proceso denominado proceso de aprovisionamiento y respaldo de energía eléctrica para el banco lo que quedaría diagramado en bloques de la siguiente forma:

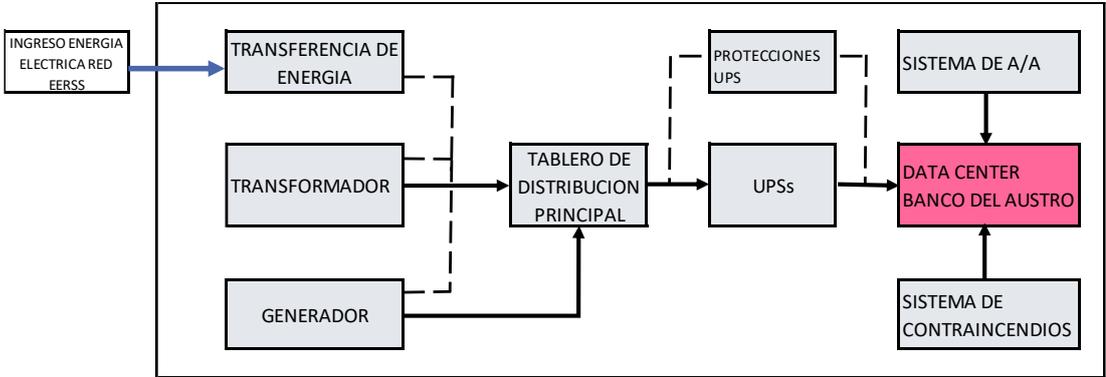


Ilustración 17: Diagrama de bloques de los equipos eléctricos Banco del Austro.

Fuente: El autor.

3.8.4.4.1 Transformador de energía

El sistema de provisión de energía eléctrica a la central Banco del Austro empieza con la recepción de la energía eléctrica por parte del transformador de energía dicho transformador tiene una capacidad de 250 kva de potencia marca Innatra el tiempo de operación es aproximadamente un año. Anterior a este se conectan equipos complementarios como la transferencia de energía que funciona como un interruptor que permite el paso de energía hacia el transformador a la vez regula el ingreso de la tensión ya que dicha tensión entrante debe manejar un rango de tensión hacia el transformador. La función primordial del transformador es transformar la energía que recibe y acondicionarla o reducirla para para alimentar los demás equipos.



Ilustración 18: Transformador trifásico de energía.

Fuente: EL autor.

3.8.4.4.2 Generador de energía

Como respaldo y conectado de forma paralela al transformador está el equipo electrógeno como es el generador de energía marca SDMO este equipo tiene una capacidad de 300 kva, con una antigüedad de 5 años. Cuya función principal es proveer energía eléctrica al establecimiento en caso de que exista suspensión de energía por parte de la empresa eléctrica. Dicho equipo funciona con un motor de combustión que se alimenta de diésel. Este generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica.



Ilustración 19: Generador de energía.

Fuente: EL autor.

3.8.4.4.3 Tablero de Distribución

A continuación, en el sistema está conectado el tablero de distribución, este recibe la energía proveniente del transformador u generador y es una de las partes principales en una instalación eléctrica. En términos generales este tablero consta de un gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, y cumple una función específica dentro del sistema eléctrico. Su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación. Deben también soportar los niveles de corrientes de cortocircuito. Este a su vez distribuye al resto del sistema o instalaciones de la edificación.



Ilustración 20: Tablero de distribución.

Fuente: EL autor.

3.8.4.4.4 Equipo UPS

El equipo UPS (sistema de alimentación ininterrumpida) es uno de los más críticos en este sistema de provisión de energía ya que como su nombre lo indica es un dispositivo que gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, durante un apagón eléctrico y falla del sistema eléctrico puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los dispositivos que tenga conectados en este caso el Data Center. Otra función que se puede añadir a estos equipos es mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red.

Para el centro de datos se tienen instalados dos equipos UPS los mismos están en paralelo, es redundante para respaldar en caso que uno de los dos falle. Tienen una capacidad de 80 KVA y 40KVA el tiempo de respaldo de energía es de 40 min y 20 min respectivamente la marca es ABB, el tiempo aproximado de funcionamiento es de 6 años.



Ilustración 21: Equipo de respaldo de energía UPS.

Fuente: EL autor.

3.8.4.4.5 Sistema de Aire acondicionado (A/A)

El sistema de aire acondicionado es un equipo complementario que está conectado en el área del centro de datos. La capacidad de enfriamiento de dicho sistema es de 90000 BTU (unidad térmica británica) esta capacidad está calculada en base al área del centro de datos center.



Ilustración 22: Sistema de aire acondicionado.

Fuente: EL autor.

3.8.4.4.6 Sistema de Contraincendios

El sistema de contraincendios al igual es complementario y está conectado al interior del data center tiene sensores de humo, consta de un gas Ecaro 480, este es un agente limpio que absorbe energía calorífica a nivel molecular más rápido que el calor se pueda generar, lo cual impide que el fuego se pueda sustentar, la capacidad almacenada es 60 libras, también consta de un sistema de tubería para la distribución de dicho gas con boquillas colocadas estratégicamente, el sistema actúa cuando los sensores detectan humo.

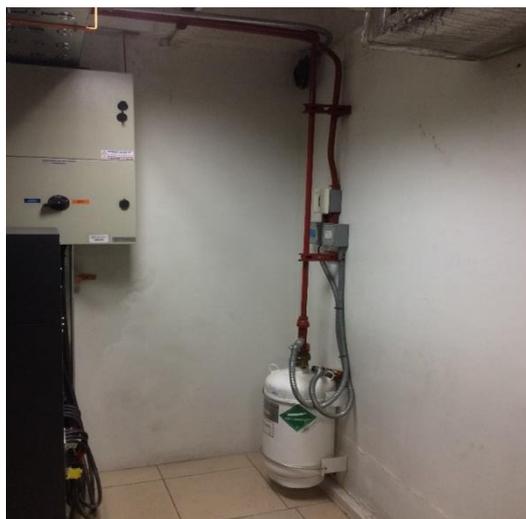


Ilustración 23: Sistema de contraincendios.

Fuente: EL autor.

3.8.4.5 Puntos críticos dentro del proceso de provisión de energía

El equipo UPS al ser un equipo de respaldo de energía temporal para el centro de datos en caso de ausencia de energía, consta de dos equipos UPS conectados en paralelo a fin de apoyo en caso de que uno de los dos falle, estos dos equipos en operación normal trabajan en *stand by* o espera por lo que se da la posibilidad de un fallo oculto, la provisión de energía máxima es de 2 horas esto en términos de fabricante, pero en la realidad el respaldo promedio es 40 min y 20 min.

El equipo Transformador recepta la energía que proviene de la EERSS la misma la acondiciona o transforma para alimentación de energía a él data center y en general al Banco, el inconveniente aquí se da en la energía con sobretensiones que proviene de las líneas externas e ingresan al transformador que a su vez afectan al sistema de transferencia.

El Data center y resto de equipos internos del banco están protegidos por un sistema de protección de breakers los mismos pueden abrirse en caso que exista un sobretensión o cortocircuito interno estos protegen al equipo pero cortan su alimentación de energía, en este caso entran en funcionamiento los UPS como equipos de respaldo de energía provisional, el inconveniente aquí es el tiempo limitado de respaldo que es aproximadamente como máximo 40 min y se da el caso que pueden fallar sus componentes o presentar fallos ocultos.

3.8.4.6 Antecedentes del Problema

De acuerdo al historial de fallos del departamento de mantenimiento eléctrico, en la agencia principal se pudo obtener estos fallos varios en los equipos eléctricos durante un año desde junio 2017 a junio 2018.

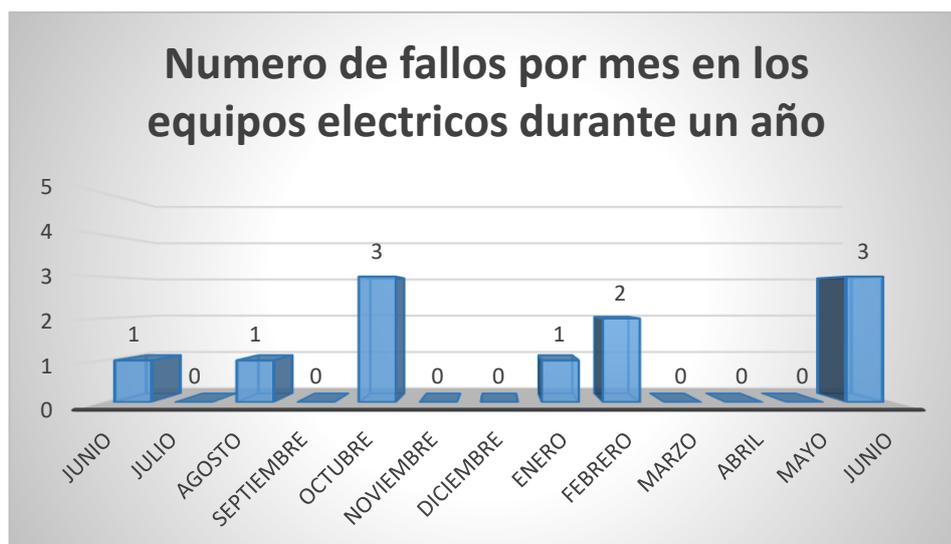


Ilustración 24: Diagrama de Pareto de los fallos importantes por mes, de los equipos eléctricos durante un año.

Fuente: EL autor.

Según se pudo observar en la gráfica anterior la misma en base a históricos del departamento de mantenimiento eléctrico. Los fallos que se presentaron durante un año sumaron un total de 11 resaltando los meses de agosto 2017 y junio 2018 con más número de fallos, estos son aleatorios en número de fallos y meses y no se demuestra información del problema en concreto. A continuación se indica a través de un diagrama de Pareto, el mismo me sirve para priorizar aquéllas causas (equipos y sistemas) que son más importantes en la identificación de un problema, se sigue la ley 80/ 20 (El 80% de los problemas, están originados por el 20% de las causas posibles) por lo que se debe priorizar la actuación sobre el 20% de las causas, para este análisis se toma en cuenta los equipos que conforman el sistema de aprovisionamiento de energía eléctrica y su frecuencia de fallo durante el año de análisis para tener una tendencia más clara y poder definir el problema del sistema.

Tabla 6: Resultados análisis de equipos críticos diagrama de Pareto.

Fuente: El Autor.

EQUIPO	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
UPS	27,27272727	27,27272727
ProteccionesUPS	27,27272727	54,54545455
Sistema de contraincendios	27,27272727	81,81818182
Transformador	9,090909091	90,90909091
Transferencia de energia	9,090909091	100
TOTAL		

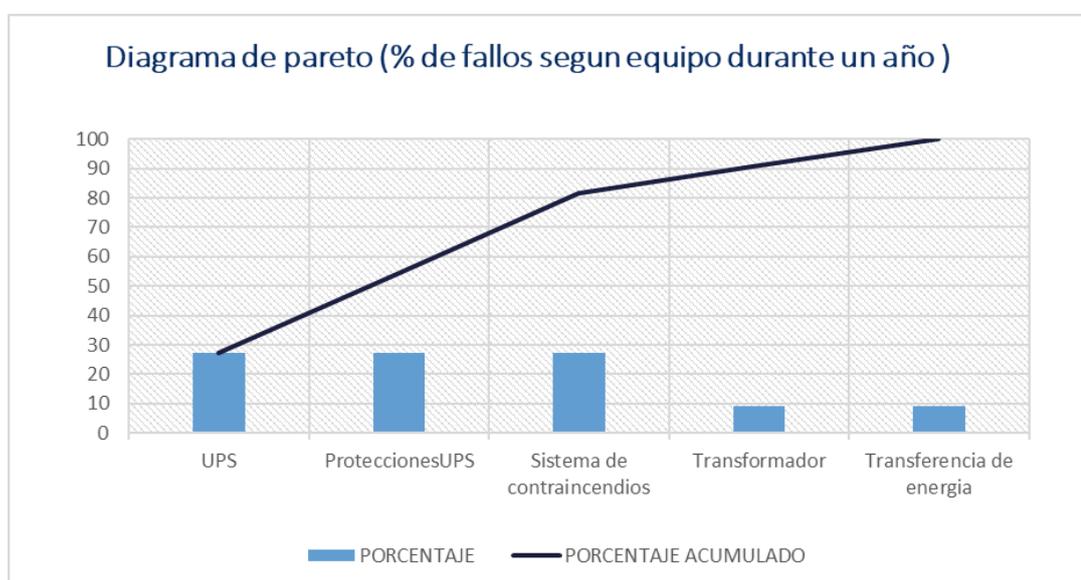


Ilustración 25: Diagrama de Pareto en porcentaje de los fallos de los equipos eléctricos durante un año.

Fuente: EL autor.

Como se observó en la gráfica anterior se representa la información con una visualización más clara e indica los factores con mayor peso en este caso los fallos producidos en los equipos y están representados en porcentajes en las barras y la línea representa el porcentaje acumulado.

3.8.4.7 Conclusión de la fase de Definición

El 80% de todos los fallos, están provocados por 3 equipos de un total de 5 que han fallado, lo que representa un 60%. Estos son: equipos UPS, sistemas de protección de los UPS y sistema de conrainscendios con fallos en iguales porcentajes, por lo que se deberá buscar una solución prioritaria previo análisis. El resto de equipos son en menor porcentaje.

3.8.5 Etapa de Medición

3.8.5.1 Objetivos de la fase de medición

El objetivo general de esta fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda en este proyecto. Por eso este nivel define a un nivel más detallado para entender el flujo del sistema.

Además, se diagnostica la situación actual para clarificar las decisiones a tomar en este caso en las actividades de mantenimiento.

3.8.5.2 Estratificación

De acuerdo al análisis de Pareto analizado en la etapa de definición se pudieron identificar solamente el porcentaje de fallos vitales que son originados por los equipos UPS y sistema de conrainscendios, pero resulta necesario identificar estos fallos mediante análisis adecuados.

Como herramienta para clasificar estos datos se hará a continuación a través de un análisis de criticidad a todos los equipos que conforman el sistema de provisión de energía eléctrica tomando en cuenta los históricos de fallos que se han generado durante un año.

3.8.5.2.1 Análisis de criticidad a los equipos eléctricos que proveen energía eléctrica a la agencia principal banco del Austro

Antecedentes

El análisis de criticidad al ser una herramienta de la confiabilidad operacional que permite identificar y jerarquizar los activos de una instalación y por su importancia, desarrolla disposiciones que facilitan la toma de decisiones atinadas y eficientes, direccionando los esfuerzos y recursos (humanos, económicos y tecnológicos), en áreas donde se requiera y sea necesario mejorar los procesos y actividades basado en la realidad vigente. En otras

palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas dentro del contexto operacional el cual se desempeñan. (Palencia 2013).

Para este análisis de criticidad se toma en cuenta un modelo básico mostrado en la siguiente figura. Para la selección de método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se ha diseñado. La lista jerarquizada es producto del análisis que se obtiene.



Ilustración 26: Modelo básico de criticidad.

Fuente: PDVSA E-P occidente 2002.

3.8.5.2.2 Precondiciones para el análisis

Para realizar un análisis de criticidad es necesario tener en cuenta aspectos importantes de los equipos eléctricos del Banco del Austro, así como también de su departamento, para esto cabe indicar que dichos aspectos técnicos se mencionaron en la etapa de definición

3.8.5.2.3 Aplicación del modelo de análisis de criticidad Semicuantitativo CTR (Criticidad total por riesgos).

Este análisis que se presenta a continuación es un análisis semicuantitativo práctico y sencillo entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo. Este método ha sido ampliamente desarrollado por consultoras y empresas internacionales adaptadas a un número importante de industrias (Parra 2012).

Las expresiones para jerarquizar que se utilizan se presentan a continuación partiendo del modelo CR.

$$CR=FFXC$$

Ecuación de criticidad por riesgo.

Donde:

FF= frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))

C=consecuencia de los eventos de fallos.

C se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Ecuación de consecuencias

Siendo:

IO= Factor de impacto en la producción.

FO=Factor de flexibilidad operacional

CM=Factor de costes de mantenimiento

SHA=Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

La expresión final del modelo de priorización CTR será la siguiente:

$$CTR = FFX ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

Ecuación de criticidad total por riesgo

3.8.5.2.4 Criterios para determinar la Criticidad

A continuación, en la siguiente grafica se presentan los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo.

Los criterios a ser expuestos para determinar la criticidad de los equipos están sujetos a factores muy importantes como son la frecuencia de fallos y consecuencia de su aparición, y este último factor estará determinado por: impacto operacional (efecto de fallo sobre el servicio), impacto por flexibilidad operacional (efecto de fallo sobre la calidad del servicio), impacto en costes de mantenimiento (tiempo y costos de reparación), impacto en seguridad higiene y ambiente(efecto de fallo sobre las personas y medio ambiente).

Tabla 7: Criterios para determinar la criticidad.

Fuente: (Mora Gutiérrez, Mantenimiento centrado en confiabilidad, 2013).

CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTIFICACION
Factor de Frecuencia de Fallos (FF) (escala 1 - 4)	
Frecuente: mayor a 2 eventos al año	4
Promedio: 1 y 2 eventos al año	3
Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año	2
Excelente: menos de 0,5 eventos al año	1
Factores de Consecuencias	
Impacto Operacional (IO) (escala 1 - 10)	
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	7
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	3
Pérdidas de producción menor al 10%	1
Impacto por Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 - 4)	
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	1

Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (escala 1 - 2)	
Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 2.000 dólares	2
Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 2.000 dólares	1
Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 - 8)	
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración	6
3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales	1
La selección de los factores ponderados se realiza en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional del activo en estudio (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente).	

3.8.5.2.5 Aplicación de método

La evaluación se lleva a cabo en una encuesta que se realiza al ing. José Sari como ingeniero de Mantenimiento eléctrico en colaboración con el asistente el ing. Geovanny Pesantez.

Para el caso de factor de frecuencia se evalúa las fallas en una escala de 1 a 4 y para el caso del factor de las consecuencias se dividen en 4 factores que son: impacto operacional en una escala de 1 a 10, impacto por flexibilidad operacional en una escala de 1 a 4, impacto en los costos de mantenimiento en una escala de 1 a 2, impacto en seguridad, higiene y medio ambiente en una escala de 1 a 8.

A continuación, se indica la posición de cada factor de acuerdo a la escala determinada, para luego presentar los cálculos de criticidad de cada equipo clasificándolos en el rango de: crítico, semi crítico, no crítico, esto para poder jerarquizarlos.

Tabla 8: Determinación de la criticidad de los quipos eléctricos Banco del Austro.

Fuente: (El Autor).

ITEM	EQUIPAMIENTOS	FACTORES	FACTORES DE FRECUENCIAS						
			FACTOR DE FRECUENCIA						
			FALLAS(FF)	IMPACTO OPERACIONAL (IO)	IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	IMPACTO EN SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE(SHA)		
			Numero de eventos (escala 1-4)	ESCALA (1-10)	ESCALA (1-4)	ESCALA (1-2)	ESCALA (1-8)		
			4 Frecuente: mayor a dos eventos al año	1 Excelente: menos de 0,5 eventos al año	10 Perdidas de produccion/servicio superiores al 75%	1 Se cuenta con equipos de servicio en linea, tiempos de reparacion y logistica pequeños	1 Costes de rereparacion, materiales y mano de obra inferiores a 2.000 dolares	8 Riesgo alto de perdida de vida,daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrofico)que exceden los limites permitidos	1 No existe ningunriesgo de perdida de vida,ni afeccion a la salud, ni daños ambientales
			3 Promedio: 1 y 2 eventos al año	7 Perdidas de produccion/servicio entre el 50% y 74%	2 Se cuenta con equipos de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de servicio, tiempos de reparacion y logistica intermedios.	2 Costes de rereparacion, materiales y mano de obra superiores a 2.000 dolares	6 Riesgo medio de perdida de vida, daños importantes a la salud del personal y/o incidente ambiental de difícil restauracion	3 Riesgo minimo de perdida de vida, y afeccion a la salud del personal (rreparacion en corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable)derrames faciles de contener y fugas repetitivas	
			2 Bueno: entre 0,5 y 1 evento al año	5 Perdidas de produccion/servicio entre el 25% y el 49%	4 No se cuenta con equipos de reserva para cubrir el servicio, tirmpos de logistica y reparacion muy grandes				
			1 Excelente: menos de 0,5 eventos al año	3 Perdidas de produccion/servicio entre el 10% y el 24%					
			1 Excelente: menos de 0,5 eventos al año	1 Perdidas de produccion/servicio menor al 10%					

C	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO																
66	RECEPTOR(DEPOSITO)			1					1	4				1			1
67	LINEA DE LIQUIDO		2						1	4				1			1
68	CONTROL DE FLUJO DE REFRIGERANTE			1					1	4				1			1
69	EVAPORADOR		2						1	4				1			1
70	LINEA DE ASPIRACION			1					1	4				1			1
71	COMPRESOR		2						1	4				1			1
72	LINEA DE DESCARGA			1					1	4				1			1
73	FILTROS	3							1	4				1			1
74	CONDENSADOR			1					1	4				1			1

D	TRANSFORMADOR																
75	TIRAFUSIBLES MEDIA TENSION 10A		2		10					4				1	8		
76	TIRAFUSIBLES		2		10					4				1	8		
77	TIRAFUSIBLES		2		10					4				1	8		
78	TRAFO MIX 6300V /700A			1	10					4		2					1
79	BREAKER 700A	3			10					4				1			1
80	CONECTORES DEL TRANSFORMADOR			1	10					4				1			1
81	CARCASA			1	10					4				1			1

E	CORTE DE ENERGIA EERSS																
82	TRANSFERENCIA DE ENERGIA		2		10					4				1		6	

F	GENERADOR																
83	MOTOR A COMBUSTION			1	10					4		2				3	
84	SISTEMA DE REFRIGERACION			1	10					4		2					1
85	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE			1	10					4		2					1
86	SISTEMA DE CONTROL			1	10					4		2					1
87	GENERADOR ELECTRICO			1	10					4		2					1

F	SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS																
88	SENSOR DETECTOR DE HUMO	3							3	4				1			1
89	CILINDRO DE AGENTE (GAS EKARO)	3							3	4		2					1
90	DISPOSITIVO DE ALARMA			1					3	4				1			1
91	PANEL DE LANZAMIENTNO			1					3	4		2					1
92	PALANCA DESCARGA MANUAL			1					3	4				1			1
93	MANIFOLD			1					3	4				1			1
94	BOQUILLAS DE DESCARGA			1					3	4				1			1
95	CABEZAL CON ACTUADOR ELECTRICO			1					3	4				1			1
96	MANGUERA DE DESCARGA			1					3	4				1			1

G	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL																
97	BREAKER PARA CD 600A			1	10					4				1			1
98	SUPRESOR DE TRASCIENTOS DE 10KVA			1	10					4		2					1
99	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1
100	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1
101	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1
102	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1
103	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1
104	BREAKER DE 100 A			1					3	4				1			1

Tabla 9: Determinación de la condición de criticidad de los equipos eléctricos Banco del Austro.

Fuente: (El Autor).

ITEM	EQUIPO	CALCULO DE CONSECUENCIA	FRECUENCIA DE FALLO (FF)	CRITICIDAD TOTAL	CONDICION DE CRITICIDAD		
					CR>50	50>SCR>30	NCR<30
UPS							
1	BATERIA	17	2	34	SEMICRITICO		
2	RECTIFICADOR	17	4	68	CRITICO		
3	INVERSOR	17	4	68	CRITICO		
4	CONMUTADOR	17	1	17	NO CRITICO		
PROTECCIONES DE UPS							
5	BREAKER PRINCIPAL DE 200A	16	1	16	NO CRITICO		
6	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
7	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
8	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
9	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
10	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
11	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
12	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
13	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
14	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
15	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
16	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
17	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
18	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
19	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
20	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
21	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
22	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
23	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
24	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
25	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
26	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
27	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
28	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
29	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
30	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
31	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
32	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
33	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
34	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
35	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	16	2	32	SEMICRITICO		
36	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
37	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
38	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
39	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
40	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
41	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
42	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
43	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
44	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
45	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
46	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
47	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
48	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
49	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
50	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
51	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
52	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
53	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
54	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
55	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
56	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
57	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
58	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
59	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
60	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
61	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
62	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
63	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
64	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		
65	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	16	2	32	SEMICRITICO		

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

66	RECEPTOR(DEPOSITO)	7	1	7	NO CRITICO
67	LINEA DE LIQUIDO	7	2	14	NO CRITICO
68	CONTROL DE FLUJO DE REFRIGERANTE	7	1	7	NO CRITICO
69	EVAPORADOR	7	2	14	NO CRITICO
70	LINEA DE ASPIRACION	7	1	7	NO CRITICO
71	COMPRESOR	7	2	14	NO CRITICO
72	LINEA DE DESCARGA	7	1	7	NO CRITICO
73	FILTROS	7	3	21	NO CRITICO
74	CONDENSADOR	7	1	7	NO CRITICO

TRANSFORMADOR

75	TIRAFUSIBLES MEDIA TENSION 10A	23	2	46	SEMICRITICO
76	TIRAFUSIBLES MEDIA TENSION 10A	23	2	46	SEMICRITICO
77	TIRAFUSIBLES MEDIA TENSION 10A	23	2	46	SEMICRITICO
78	TRAFO MIX 6300V /700A	17	1	17	NO CRITICO
79	BREAKER 700A	16	3	48	SEMICRITICO
80	CONECTORES DEL TRANSFORMADOR	16	1	16	NO CRITICO
81	CARCASA	16	1	16	NO CRITICO

CORTE DE ENERGIA EERSS

82	TRANSFERENCIA DE ENERGIA	21	2	42	SEMICRITICO
----	--------------------------	----	---	----	-------------

GENERADOR

83	MOTOR A COMBUSTION	19	1	19	NO CRITICO
84	SISTEMA DE REFRIGERACION	17	1	17	NO CRITICO
85	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	17	1	17	NO CRITICO
86	SISTEMA DE CONTROL	17	1	17	NO CRITICO
87	GENERADOR ELECTRICO	17	1	17	NO CRITICO

SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS

88	SENSOR DETECTOR DE HUMO	9	3	27	NO CRITICO
89	CILINDRO DE AGENTE (GAS EKARO)	10	3	30	NO CRITICO
90	DISPOSITIVO DE ALARMA	9	1	9	NO CRITICO
91	PANEL DE LANZAMIENTO	10	1	10	NO CRITICO
92	PALANCA DESCARGA MANUAL	9	1	9	NO CRITICO
93	MANIFOLD	9	1	9	NO CRITICO
94	BOQUILLAS DE DESCARGA	9	1	9	NO CRITICO
95	CABEZAL CON ACTUADOR ELECTRICO	9	1	9	NO CRITICO
96	MANGUERA DE DESCARGA	9	1	9	NO CRITICO

TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

97	BREAKER PARA CENTRO DAT 600A	16	1	16	NO CRITICO
98	SUPRESOR DE TRASCIENTES DE 10KVA	17	1	17	NO CRITICO
99	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO
100	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO
101	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO
102	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO
103	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO
104	BREAKER DE 100 A	9	1	9	NO CRITICO

Tabla 10: Orden de mayor a menor en base a valor de la criticidad de los equipos eléctricos

Fuente: (El Autor).

ITEM	EQUIPOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR EN BASE AL CALCULO DE CRITICIDAD Y AL RANGO EN QUE SE ENCUENTRAN		
1	RETIFICADOR UPS	68	CR
2	INVERSOR UPS	68	CR
3	BREAKER 700A	48	SCR
4	TIRAFUSIFLES MEDIA MENSION 10A	46	SCR
5	TIRAFUSIFLES MEDIA MENSION 10A	46	SCR
6	TIRAFUSIFLES MEDIA MENSION 10A	46	SCR
7	TRANSFERENCIA DE ENERGIA	42	SCR
8	BATERIA UPS	34	SCR
9	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
10	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
11	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
12	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
13	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
14	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
15	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
16	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
17	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
18	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
19	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
20	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
21	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
22	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
23	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
24	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
25	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
26	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
27	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
28	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
29	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
30	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
31	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
32	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
33	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
34	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
35	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
36	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
37	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
38	BREAKER SECUNDARIO DE 30A	32	SCR
39	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
40	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
41	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
42	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
43	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
44	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
45	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
46	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
47	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR

48	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
49	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
50	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
51	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
52	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
53	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
54	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
55	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
56	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
57	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
58	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
59	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
60	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
61	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
62	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
63	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
64	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
65	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
66	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
67	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
68	BREAKER SECUNDARIO DE 20A	32	SCR
69	CILINDRO DE GAS AGENTE EKARO	30	SCR
70	SENSOR DETECTOR DE HUMO	27	NCR
71	FILTROS	21	NCR
72	MOTOR A COMBUSTION	19	NCR
73	COMNUTADOR UPS	17	NCR
74	TRAFO MIX 6300V/700A	17	NCR
75	SISTEMA DE REFRIGERACION	17	NCR
76	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	17	NCR
77	SISTEMA DE CONTROL	17	NCR
78	GENERADOR ELECTRICO	17	NCR
79	SUPRESOR DE TRSCIENTES DE 10KVA	17	NCR
80	BREAKER PRINCIPAL DE 200A	16	NCR
81	CONECTORES DEL TRANSFORMADOR	16	NCR
82	CARCASA	16	NCR
83	BREAKER PARA CENTRO DAT 600A	16	NCR
84	LINEA DE LIQUIDO	14	NCR
85	EVAPORADOR	14	NCR
86	COMPRESOR	14	NCR
87	PANEL DE LANZAMIENTO	10	NCR
88	DISPOSITIVO DE ALARMA	9	NCR
89	PALANCA DE DESCARGA MANUAL	9	NCR
90	MANIFOLD	9	NCR
91	BOQUILLAS DE DESCARGA	9	NCR
92	CABEZAL CON ACTUADOR ELECTRICO	9	NCR
93	MANGUERAS DE DESCARGA	9	NCR
94	BREAKER DE 100 A	9	NCR
95	BREAKER DE 100 A	9	NCR
96	BREAKER DE 100 A	9	NCR
97	BREAKER DE 100 A	9	NCR
98	BREAKER DE 100 A	9	NCR
99	BREAKER DE 100 A	9	NCR
100	RECEPTOR (DEPOSITO)	7	NCR
101	CONTROL DE FLUJO REFRIGERANTE	7	NCR
102	LINEA DE ASPIRACION	7	NCR
103	LINEA DE DESCARGA	7	NCR
104	CONDENSADOR	7	NCR

En la gráfica anterior, se muestra a través de un diagrama de Pareto ordenados de izquierda a derecha mediante de barras el cual nos permite mostrar en el diagrama (pocos vitales muchos triviales) es decir hay muchos problemas sin importancia frente a pocos importantes. En la gráfica están colocados los pocos vitales con barras de color rojo y los muchos triviales con barras de color amarillo y verde.

El principal uso que tiene elaborar este diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver mejorar o evitarlas.

3.8.5.2.6 Conclusión de la fase de Medición

En la gráfica anterior se pudo observar la lista jerarquizada de los equipos eléctricos de la agencia principal del banco del austro, el mismo representa en el diagrama de Pareto y detalla los equipos críticos de acuerdo al índice de prioridad de riesgo según las condiciones de criticidad. El 2% como críticos que corresponde a los componentes del equipo UPS, por lo tanto, hay que darles prioridad y direccionar mejor los recursos de este activo, el 68 % como semicríticos que corresponde los componentes: transformador, transferencia de energía tablero de control del UPS y sistema de contraincendios y al igual que los críticos hay que darles prioridad y mejorar el mantenimiento de los mismos. En el caso de los componentes no críticos que representan aproximadamente el 30% que corresponde al resto de equipos, esto no quiere decir que no se tenga en cuenta o no tengan importancia ni priorización. Al igual que el resto de equipos tienen que ser incluidos en la planificación de mantenimiento y de acuerdo a sus necesidades.

3.8.6 Etapa de Análisis

3.8.6.1 Objetivos de la fase de análisis

En esta fase el objetivo primordial es identificar las causas potenciales que están influyendo en los fallos de los equipos críticos identificados en las etapas anteriores. Para este análisis se considera una metodología de investigación aplicada AMEF que va a permitir analizar los modos de fallos potenciales de los equipos tomando en cuenta la criticidad.

3.8.6.2 Aplicación de la metodología AMEF

La metodología AMEF a partir del análisis de la frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan estas fallas se jerarquizan y para las fallas que vulneran más la confiabilidad del servicio es necesario atenderlas aplicando acciones preventivas, correctivas etc.

El análisis se realizará a los equipos críticos que están jerarquizados en el diagrama de Pareto aplicado en las etapas anteriores de definición y medición como son UPS; Transformador, transferencia de energía, Tablero de distribución de UPS y Sistema de contraincendios.

3.8.6.2.1 Esquema general de actividades para el AMEF

A continuación, se indica un esquema general para aplicar la herramienta AMEF en esta fase de medición se obvia algunos pasos ya que los mismos ya están aplicados en las fases anteriores como son la formación del equipo (es el mismo equipo del TPM) y delimitación del área aplicada (equipos eléctricos del Banco del austro).

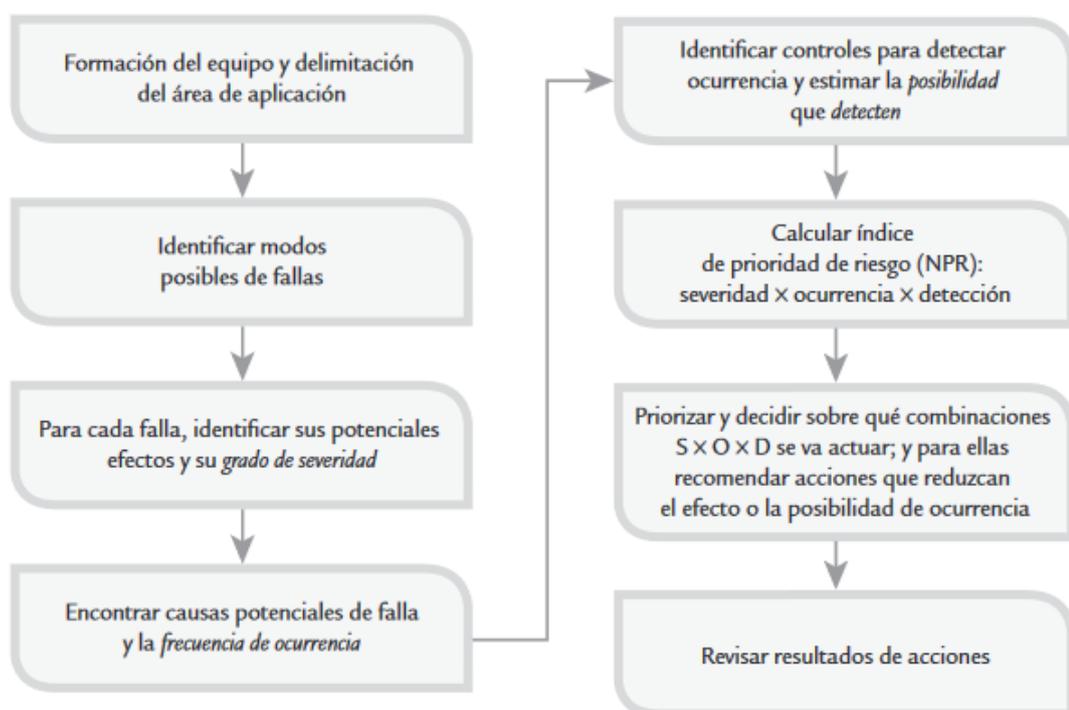


Ilustración 28: Esquema general de actividades para realizar el AMEF.

Fuente: (Control estadístico de la Calidad y seis sigma, Gutiérrez, de la Vara).

3.8.6.2.2 Identificación de Fallos de los equipos

Para realizar el análisis del modo de fallas y sus efectos se procede mediante una investigación de históricos de fallos identificados en los diferentes equipos del sistema de provisión de energía eléctrica al Data center de la agencia principal del Banco del austro por parte del departamento de mantenimiento eléctrico, los mismo han sido contrastados y corroborados con los técnicos de dicho departamento. Estos fallos se presentan directamente en el formato AMEF a desarrollar.

3.8.6.2.3 Presentación del AMEF

Se presenta en una sola etapa los modos de fallos con sus efectos causas y modos de detección actuales con el resultado del índice de criticidad calculado NPR. En la misma etapa se podrá ver las acciones de mantenimiento propuestas para cada fallo.

3.8.6.2.4 Precondiciones para el análisis

3.8.6.2.4.1 Formato de análisis y presentación de resultados del AMEF

Los resultados pueden ser presentados en una hoja de trabajo que contiene la información del sistema de forma específica, también muestra las formas en que el sistema puede fallar, los componentes y sus modos de falla que desembocarían en la causa del fallo total del sistema, según norma EN60812.

Tabla 11: Formato para presentación de resultados de análisis AMEF.

Fuente:(Efective FMEA. Carlson Carl Seymour).

REF.	ITEM	FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO DEL FALLO	SEVERIDAD	CAUSAS DEL FALLO	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	ACCIONES DE RECOMENDADAS

Item (Pieza)

Corresponde al elemento enfocado para el análisis.

Función

Corresponde a lo que el ítem está destinado a hacer, generalmente debe contener parámetros de trabajo normal.

Modo de Fallo

Es la manera en que el ítem no es capaz de cumplir, la función a la cual está destinado, se considera que se encuentra en modo de falla debido a que no cumple total o parcialmente su función esto dentro de límites establecidos o rendimiento estándar.

Efectos de modo de Fallo

El efecto de modo de falla confluye en una falla funcional, la misma puede ser provocada por uno o más modos de falla, en uno o varios elementos del sistema.

Existen efectos de fallas locales que únicamente afectan al elemento o función en particular del sistema por lo que no son de relevancia ya que no afectan al sistema ni a la calidad del producto, por lo que no se consideran en el análisis.

Los efectos de fallas a nivel del sistema son aquellos debido al impacto afectan a las funciones operativas de los equipos además pueden afectar a la calidad del servicio en este caso.

El efecto de modo de falla se representa en tres tipos:

Efecto local: la consecuencia de la falla afecta directamente al equipo o equipos adjuntos.

Efecto a nivel superior: La consecuencia de la falla afecta al siguiente nivel superior del sistema

Efecto final: La consecuencia de la falla afecta al nivel más alto del sistema.

Clasificación de la severidad (S)

Se clasifica según la importancia del efecto del modo de falla, esta se cataloga de manera cualitativa y se compara según la siguiente tabla.

Tabla 12: Clasificación de la severidad de los modos de falla.

Fuente:(Norma EN60812:2006-05,2006).

Clase	Nivel	Consecuencia
4	Catastrófico	Un modo de falla que potencialmente podría resultar en la falla de las funciones primarias del sistema y por lo tanto causa daños graves al sistema y su entorno y / o lesiones personales.
3	Critico	Un modo de falla que potencialmente podría resultar en la falla de las funciones primarias del sistema y por lo tanto causa un daño considerable al sistema y su entorno, pero que no constituye una amenaza grave a la vida o lesiones.
2	Marginal	Un modo de falla, que potencialmente podría degradar la/s función/es de rendimiento del sistema sin daño apreciable al sistema o amenaza de vida o lesiones.
1	Insignificante	Un modo de falla que potencialmente podría degradar las funciones del sistema pero no causará daños al sistema y no constituye una amenaza para la vida o lesiones.

Causas de la falla

La causa corresponde a la razón específica del fallo, es ¿por qué? del fallo. Puede ser por fallas operativas, deficiencias del diseño, deterioro de componentes etc.

Ocurrencia (O)

Se clasifica según la posibilidad de presentarse el modo de falla, será catalogada de manera cualitativa y comparada según la siguiente tabla.

Tabla 13: Clasificación de la ocurrencia de los modos de falla.

Fuente: (Norma EN60812:2006-05,2006).

Clase	Nivel	Consecuencia
4	Frecuente	Un modo de falla que puede presentarse de manera repetida en el sistema, se presenta más de 4 veces por mes.
3	Ocasional	Un modo de falla que no se presenta de manera repetida en el sistema, pero sin embargo si es posible presentarse en condiciones normales de funcionamiento, se presenta de 2 a 4 veces por mes.
2	Remoto	Un modo de falla que se presenta de manera escasa en el sistema, es muy difícil que este modo de falla este presente, se presente 1 vez por mes.
1	Improbable	Un modo de falla que no se puede presentar en condiciones normales de funcionamiento, se presenta no más de 1 vez por año.

Detección

Corresponde a un número ponderado en base a una escala de detección que representa la posibilidad de detectar el modo de falla, esta valoración es independiente de la gravedad o de la posibilidad de la ocurrencia.

Tabla 14: Clasificación de la oportunidad de la detección de los modos de falla.

Fuente:(Norma EN60812:2006-05,2006).

Oportunidad de detección	Criterio de probabilidad de detección	Clase	Probabilidad de detección
No existe oportunidad de detección	No existen controles de detección, no se puede detectar.	4	Improbable
Es poco probable que se detecte	El modo de fallo no es fácil de detectar a simple inspección.	3	Remoto
Es probable detectar	El modo de fallo puede ser detectado por inspección visual o auditiva.	2	Ocasional
La detección es fácil	El modo de fallo se detecta automáticamente y está presente a simple vista.	1	Frecuente

Número de la prioridad de riesgo

Al realizar una clasificación numérica del riesgo para cada modo de fallo presente en el sistema, es una medida cuantitativa a la magnitud de un efecto de un modo de falla, esta magnitud está directamente relacionada a la importancia del impacto que provoca la presencia de un modo de falla localizado. El número de prioridad de riesgo corresponde al valor aritmético comprendido entre la severidad, la ocurrencia y la detección. Este valor se calcula de la siguiente manera.

$$\text{NPR}=\text{S}*\text{O}*D$$

Dicho valor cuantitativo es utilizado para tomar decisiones estableciendo prioridades en las acciones de mantenimiento.

Los valores están comprendidos entre 1 y 64 siendo el valor de 64 de mayor prioridad de riesgo debiendo ser la atención inmediata.

Acciones recomendadas

Son propuestas para reducir o eliminar el riesgo asociado a las causas del fallo. Hay que tomar en cuenta los controles existentes en caso de haberlos para recomendar determinadas acciones a fin de priorizar las mismas con el fin de optimizar los recursos y tener efectividad en las acciones correctivas. Se puede proponer varias acciones para cada modo de fallo.

3.8.6.2.5 Aplicación del análisis AMEF

En las etapas anteriores del Seis sigma se pudo identificar el contexto operacional del sistema, identificación de equipos críticos jerarquizados y los fallos de los equipos críticos se extrae de los históricos del departamento de mantenimiento eléctrico, por lo que se procede en la siguiente tabla el análisis del AMEF.

Tabla 15: Análisis de modo y falla efectos de los equipos eléctricos del Banco del Austro.
Fuente: El autor

ANÁLISIS DE MODO Y FALLA Y SUS EFECTOS UPS										
Pieza	Funcion	Modo de Falla	Efecto de Falla	G	Causa de la Falla	O	Controles actuales	D	NPRa	Acciones recomendadas
Rectificador	rectificar la corriente de entrada	cortocircuito en los elementos(entrada del UPS)	se apaga el equipo UPS	3	sobretension en la red de la que se alimenta el UPS	3	ninguno	4	36	Mantenimiento preventivo:mediciones e inspecciones visuales cada semana
Inversor	transformar la energia continua en alterna y alterna en continua	cortocircuito en los elementos de potencia (salida del UPS)	se apaga el equipo UPS	3	baterias defectuosas	2	ninguno	4	24	Mantenimiento preventivo:mediciones inspecciones visuales cada semana
Baterias	almacenar energia	explotan las baterias	no hay provición de respaldo de energia al data center	3	baterias sobrepasan el tiempo de vida util	1	ninguno	4	12	Mantenimiento preventivo: mediciones semanales y planificar repocision anual

ANÁLISIS DE MODO Y FALLA Y SUS EFECTOS TRANSFORMADOR										
Pieza	Funcion	Modo de Falla	Efecto de Falla	G	Causa de la Falla	O	Controles actuales	D	NPRa	Acciones recomendadas
Tirafusibles de media tension	proteccion al transformador y equipos electricos ante una falla externa	se queman	No hay provición energia a todo el sistema	3	causas externas como variaciones de voltaje en la red electrica externa	3	ninguno	4	36	Análisis de la demanda en la línea
Breaker de 700A	proteccion del transformador ante sobrecargas	se disparan al momento de detectar sobretension	no hay provición energia a todo el sistema	3	desajustes en los tableros de distribucion o acometidas electricas	1	ninguno	4	12	Medición de la demanda; ajuste y limpieza de Tableros y acometidas,mantenimiento autonomo

ANÁLISIS DE MODO Y FALLA Y SUS EFECTOS TRANSFERENCIA DE ENERGIA										
Pieza	Funcion	Modo de Falla	Efecto de Falla	G	Causa de la Falla	O	controles actuales		NPRa	Acciones recomendadas
Transferencia de energia	conmutar energia transformador/generador	se bloquea el mecanismo electromagnetico	No hay provicion energia a todo el sistema	3	variaciones y cortes de energia en al red electrica	3	ninguno	4	36	Analisis de la demanda en la línea

ANÁLISIS DE MODO Y FALLA Y SUS EFECTOS TABLERO DE DISTRIBUCION (PROTECCIONES UPS)										
Pieza	Funcion	Modo de Falla	Efecto de Falla	G	Causa de la Falla	O	controles actuales		NPRa	Acciones recomendadas
breakers de 30 A	proteccion ante cortocircuitos para los servidores de mayor consumo	se disparan al momento de detectar sobretension	queda sin provicion de energia servidores de mayor consumo	3	sobretension o sobrecalentamiento en las placas de CPUs de los servidores	1	ninguno	4	12	Mediciones de corriente de consumo en los breakers , como tambien ajustes y limpieza del tablero, recomendar al area informatica mantenimiento preventivo en los CPUs
breakers de 20 A	proteccion ante cortocircuito para los servidores de menor consumo	se disparan al momento de detectar sobretension	queda sin provicion de energia servidores de menor consumo	3	sobretension o sobrecalentamiento en las placas de CPUs de los servidores	1	ninguno	4	12	Mediciones de corriente de consumo en los breakers , como tambien ajustes y limpieza del tablero, recomendar al area informatica mantenimiento preventivo en los CPUs

ANÁLISIS DE MODO Y FALLA Y SUS EFECTOS SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS										
Pieza	Funcion	Modo de Falla	Efecto de Falla	G	Causa de la Falla	O	controles actuales		NPRa	Acciones recomendadas
Cilindro de gas ekaro	Almacenar el gas ekaro	explota la bombona	fuga del gas	1	mala configuracion en el sistema	1	ninguno	4	4	Capacitación personal enargado,inspecciones visuales, mantenimiento autonomo

Tabla 16: Lista modos de falla UPS.

Fuente: El autor.

IISTADO MODO DE FALLOS UPS		
Pieza	Modo de Falla	NPRa
Rectificador	cortocircuito en los elementos(entrada del UPS)	36
Inversor	cortocircuito en los elementos de potencia (salida del UPS)	24
Baterias	explotan las baterias	12

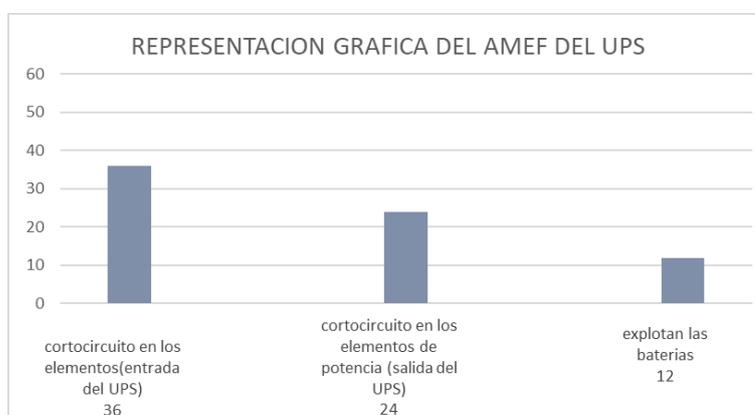


Ilustración 29: Grafica del AMEF del equipo UPS.

Fuente: El autor.

Tabla 17: Lista modos de falla Transformador.

Fuente: El autor.

IISTADO MODO DE FALLOS TRANSFORMADOR		
Pieza	Modo de Falla	NPRa
Tirafusibles de media tension	se queman	36
Breaker de 700A	se disparan al momento de detectar sobretension	12

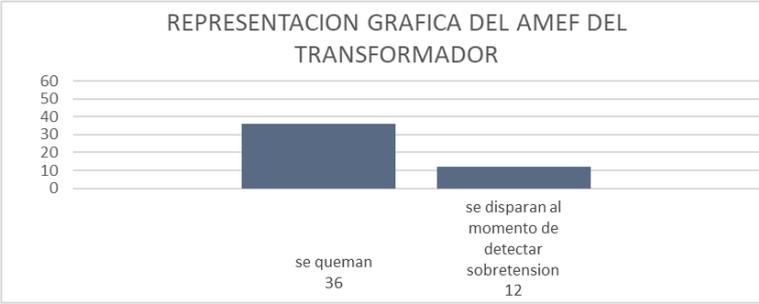


Ilustración 30: Grafica del AMEF del Transformador.

Fuente: El autor.

Tabla 18: Lista modos de falla Transferencia de energía.

Fuente: El autor.

LISTADO MODO DE FALLO TRANSFERENCIA DE ENERGIA		
Pieza	Modo de Falla	NPRa
Transferencia de energia	se bloquea el mecanismo electromagnetico	36

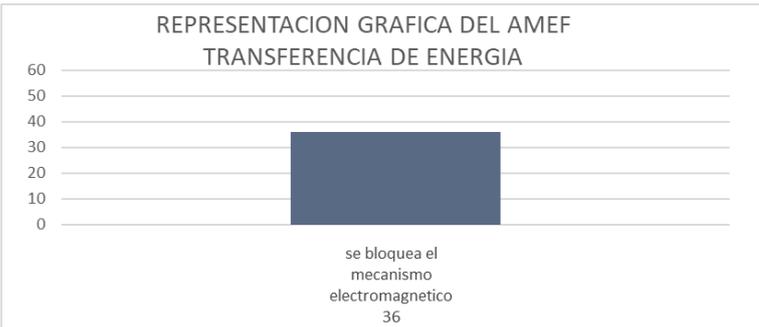


Ilustración 31: Grafica del AMEF de la transferencia de energía.

Fuente: El autor.

Tabla 19: Lista modos de falla Tablero de distribución.

Fuente: El autor.

LISTADO MODO DE FALLOS TABLERO DE DISTRIBUCION UPS		
Pieza	Modo de Falla	NPRa
breakers de 30 A	interrupciones continuas de energia por sobretenciones excesivas	12
breakers de 20 A	interrupciones continuas de energia por sobretenciones excesivas	12

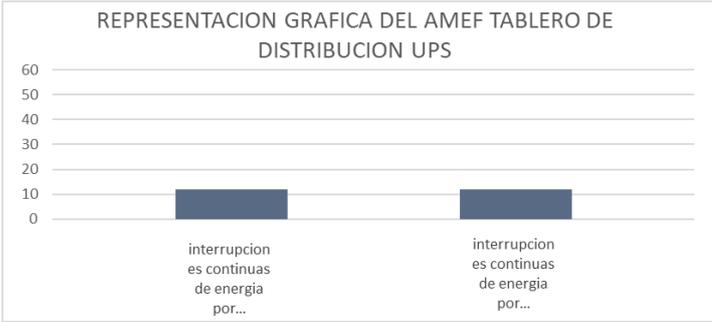


Ilustración 32: Grafica del AMEF del tablero de distribución del UPS.
Fuente: El autor.

Tabla 20: Lista modos de falla Sistema de contraincendios.
Fuente: El autor.

LISTADO MODO DE FALLO SISTEMA DE CONTRA INCENDIOS		
Pieza	Modo de Falla	NPRa
Cilindro de gas ekaro	explota la bombona	4



Ilustración 33: Grafica del AMEF del sistema contra incendios.
Fuente: El autor.

Tabla 21: Recopilación y ordenados según valor NPRa modos de falla de los equipos.
Fuente: El autor.

Pieza	Modo de Falla	NPRa
Rectificador	cortocircuito en los elementos(entrada del UPS)	36
Tirafusibles de media tension	se queman	36
Transferencia de energia	se bloquea el mecanismo electromagnetico	36
Inversor	cortocircuito en los elementos de potencia (salida del UPS)	24
Baterias	explotan las baterias	12
Breaker de 700A	se disparan al momento de detectar sobretension	12
breakers de 30 A	se disparan al momento de detectar sobretension	12
breakers de 20 A	se disparan al momento de detectar sobretension	12
Cilindro de gas ekaro	explota la bombona	4

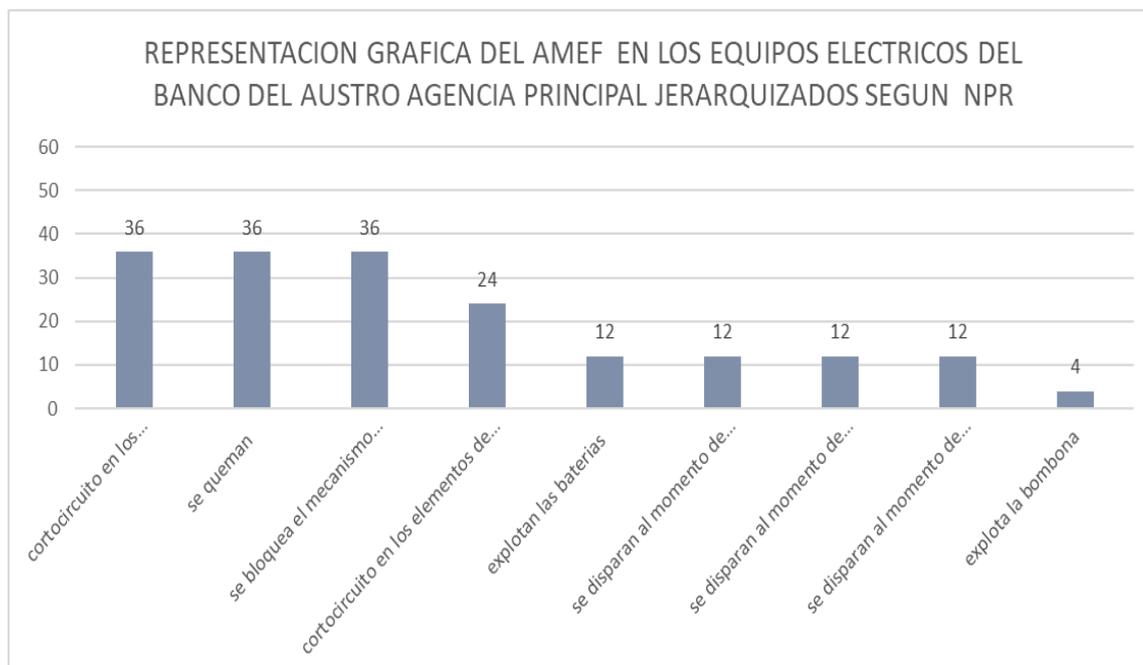


Ilustración 34: Grafica del AMEF de los fallos críticos identificados en los equipos eléctricos.

Fuente: El autor.

3.8.6.2.6 Resultados AMEF

El resultado obtenido por el AMEF nos permitió realizar las siguientes observaciones:

Las sobretensiones que se generan en la red interna de la que se alimenta el UPS, las variaciones de voltaje en la red eléctrica externa y la suspensión de la misma son las causas de fallas más críticas que deben ser atendidas.

Hay que tomar en cuenta que el mantenimiento preventivo en este departamento es deficiente o prácticamente nulo actualmente solo se realiza correctivo, por lo que se debe planificar el mantenimiento para los equipos. Asimismo, se propone realizar un análisis de los armónicos y la calidad de la energía eléctrica.

Los componentes más críticos de sistema de provisión de energía resultaron ser el rectificador del UPS, el sistema electromecánico de la transferencia de energía y los tirafusibles del transformador, no obstante, son seguidos por un conjunto de elementos que poseen menor NPR pero se debe tomar en cuenta a todos en conjunto.

3.8.6.3 Conclusiones etapa de Análisis

En esta etapa de análisis se ha podido determinar cuáles son las fallas y sus causas sobre las que se debe acentuar los controles y el mantenimiento.

Gracias a la herramienta AMFE se ha logrado:

Identificar las fallas que se producen en el sistema de provisión de energía al centro de datos de la agencia principal banco del austro.

Se estableció un orden de prioridad que permite direccionar la atención de manera eficiente hacia aquellas fallas con mayor criticidad.

Investigación y propuesta de acciones de mantenimiento que permitirán reducir los índices de criticidad de aquellos elementos o causas que hayan resultado críticos.

3.8.7 Etapa de Mejora y Control

3.8.7.1 Objetivos de la fase de mejora

En esta fase es llevar a cabo las mejoras planteadas en la fase de análisis.

- En esta etapa se aplicará las herramientas de mejora del TPM
- Asimismo, controlar estas herramientas aplicadas en la mejora.

3.8.7.2 Aplicación de la Metodología TPM basada en Lean

En la siguiente tabla se plantea las primeras fases de la implementación del TPM, y asimismo se ve designando una tabla con un plan de trabajo para cada herramienta a aplicar.

3.8.7.2.1.1 Reconocimiento de los equipos y sus respectivas áreas de ubicación.

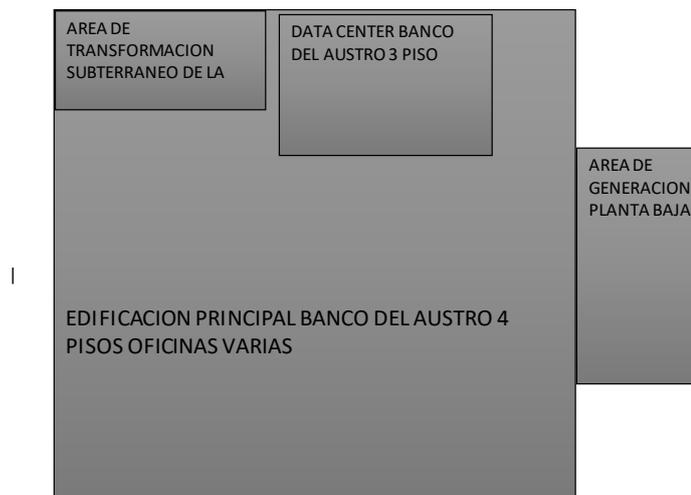


Ilustración 35: Esquema de ubicación de las áreas del Banco del Austro

Fuente: Basado en planos del (Banco del Austro).

3.8.7.2.1.2 Determinación de la herramienta de mejora a aplicar según la zona y equipo

Luego de realizar un análisis por parte del grupo de trabajo se visto en la necesidad de implementar las herramientas según la siguiente tabla.

Tabla 23: Herramientas a implementar según equipo.

Fuente: El autor.

HERRAMIENTAS	ZONA	EQUIPO
5S	Area de transformacion	Toda el area
Sistemas visualespoka yoke y andon	Data center	Toda el area
Mantenimiento autonomo	Area de generacion	Toda el area
Mantenimiento preventivo	Data center	UPS, tablero de protecciones electricas,sistema de contraincendios

3.8.7.2.1.3 Integrantes a formar el grupo Kaisen

Se designa dos grupos kaisen de mantenimiento y de apoyo.

Tabla 24: Integrantes de Mantenimiento.

Fuente: El autor.

Integrantes de mantenimiento	
Ing. Jose Sari	Sistemas visuales
Ing. Geovanny Pesantez	
Ing. Walter Astudillo	Mantenimiento preventivo
Ing. Juan Carlos Piedra	

Tabla 25: Integrantes de apoyo.

Fuente: El autor.

Integrantes de apoyo	
Sr. Marcelo Pesantez	5s, orden y limpieza
Sr. Gustavo Lozada	
Sr. Luis Cuji	

3.8.7.2.1.4 Capacitación

Una vez formado los grupos se procede a la capacitación, estas charlas están a cargo del líder del TPM, el mismo debe seguir un lineamiento muy importante, que es la mejora continúa teniendo en cuenta en todo momento.

3.8.7.2.1.5 Plan de acción para implementar TPM

Así como se realizó un plan de trabajo general para el TPM, se debe realizar un plan de acción para cada una de las herramientas a implementar, por lo tanto, para cada herramienta se construirá un plan de acción.

3.8.7.2.2 Lanzamiento

El lanzamiento se realizó en el banco. mediante una reunión con el personal de mantenimiento eléctrico se tuvo también la presencia del administrador. Así como también el personal informático encargado del centro de datos como cliente directo.

3.8.7.3 Implementación

Existen 4 herramientas propuestas y se han creado un plan de acción según la criticidad del equipo o área, hay que recalcar que se aplicaría una misma herramienta a varias áreas o equipos eléctricos, pero al ser un proyecto piloto en esta tesis se aplicó únicamente a un equipo u área, el proyecto a futuro es continuar la planificación e implantación integra y asimismo ir ajustando según los requerimientos y si se diera el caso aplicar otras herramientas del TPM.

A continuación, se presentan las herramientas propuestas aplicadas:

3.8.7.3.1.1 Capacitación

Se hace la respectiva invitación al personal para la capacitación correspondiente, a través de herramientas visuales, se efectúa en el auditorio del banco.

3.8.7.3.1.2 Identificación del área piloto a implementar

Una vez realizado un recorrido en las diferentes áreas se identifica como primer lugar a implementar es el área de transformación debido a que allí se encuentra el transformador y los equipos de alta tensión, un área en donde circulan altos voltajes y existen riesgos de descargas eléctricas. En esta área se ha podido identificar cierto desorden.

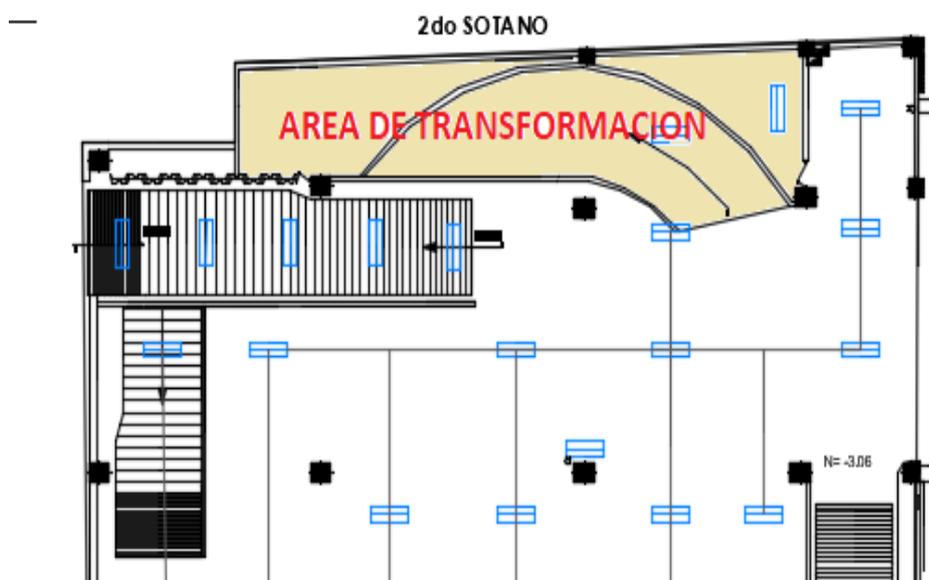


Ilustración 36: Área de transformación del Banco del Austro.

Fuente: basado en planos del (Banco del Austro).

3.8.7.3.1.3 Determinación de la situación actual

Inspección echa la segunda semana de septiembre

- No existe ningún tipo de señalización, tampoco rumbos de seguridad.
- Se encuentran cables de acometidas desordenados, destapadas las canaletas

- Existen algunos elementos, cables de acometida y equipos dispersos e inservibles en el área.
- Se requiere limpieza en toda el área.



Ilustración 37: Fotos antes de aplicar 5s.

Fuente: El autor.

3.8.7.3.1.4 Primera S: seiri (clasificar)

La tarjeta roja tiene como propósito, identificar las anomalías presentadas en los equipos y áreas a ser solucionados por los técnicos o personal del mantenimiento

A continuación, se presenta los formatos propuestos y aprobados:

3.8.7.3.1.5 Segunda S: seiton (ordenar)

Se ubican elementos de seguridad en el área para determinar y establecer los riesgos y prioridades del área.



Ilustración 39: Señales de advertencia.

Fuente: El autor basado en el SI.



Ilustración 40: Señales de seguridad

Fuente: El autor basado en el SI.

Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	-

Ilustración 41: Código de color para identificar señales de seguridad.

Fuente: El autor basado en el SI.

3.8.7.3.1.6 Tercera S: seiso (limpiar)

En esta área se establece una metodología de limpieza a través de un manual de procedimientos y responsables.

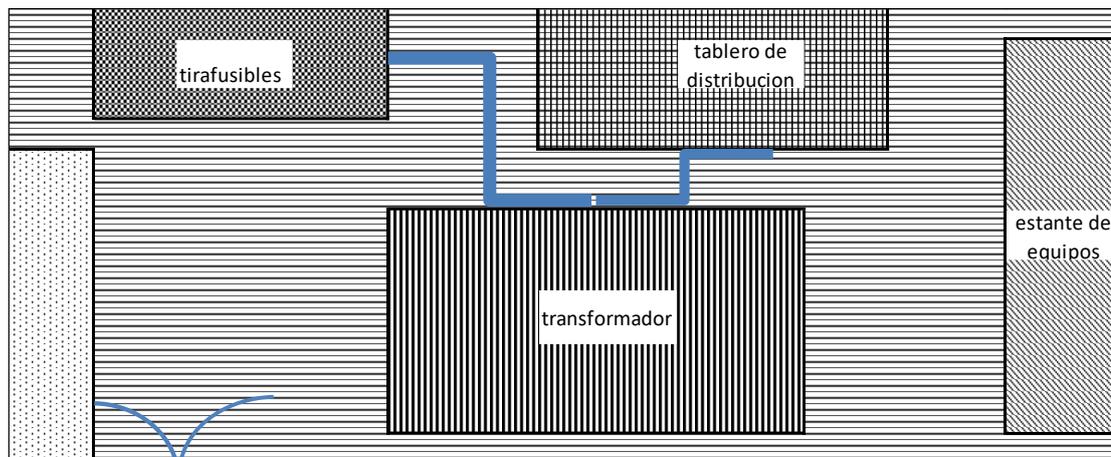


Ilustración 42: Área de transformación para limpieza.

Fuente: El autor.

Tabla 28: Responsables de área de limpieza.

Fuente: El autor.

 BANCO DEL AUSTRO		Versión:														
		Fecha:														
ÁREA	sep				oct				nov				dic			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
transformador			LC	LC	GL	GL	GL	GL	MP	MP	MP	MP	LC	LC	LC	LC
tablero principal			LC	LC	GL	GL	GL	GL	MP	MP	MP	MP	LC	LC	LC	LC
estante de equipos			GL	GL	MP	MP	MP	MP	LC	LC	LC	LC	LG	LG	LG	LC
canaletas			MP	MP	LC	LC	LC	LC	GL	GL	GL	GL	MP	MP	MP	MP
piso de area de transformacion			MP	MP	LC	LC	LC	LC	GL	GL	GL	GL	MP	MP	MP	MP

Tabla 29: Materiales de limpieza para área del transformador.

Fuente: El autor.

ÁREA	MATERIALES DE LIMPIEZA
Transformador	Escoba, brocha wipe. No usar líquidos solventes.
Tablero principal	Trapeador, wipe, aspirador.
Estante de equipos	Trapeador wipe, agua.
canaletas	Trapeador wipe, aspiradora, brocha.
Piso de area de transformacion	Escoba, trapeador. Tener cuidado con los cables de la acometida.

3.8.7.3.1.7 Cuarta S: Seiketsu (Estandarizar)

En esta S de estandarización se hace público los formatos y las señales de seguridad preparadas en las S anteriores.

3.8.7.3.1.8 Quinta S: Shitsuke (Autodisciplina)

En esta S se publican los resultados los mismos se publican en las bodegas del área de mantenimiento, esto a su vez ayuda a motivar al personal.

3.8.7.3.1.9 Auditoria de las 5S

Tabla 30: Formato para auditorías de mantenimiento 5s.

Fuente: El autor.

AUDITORIA 5Ss									
 BANCO DEL AUSTRO		Versión:							
		Fecha:							
		Área auditada:							
		Auditor:							
Criterios de evaluación 1=Muy malo 2=Malo 3=Intermedio 4=Bueno 5=Muy bueno									
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES						
CLASIFICAR Conservar solo lo necesario.	¿Hay elementos innecesarios en el lugar de trabajo?	3							
	¿Existen materiales defectuosos en el área auditada?	5							
	¿Las zonas de tránsito se encuentran bloqueadas?	5							
SUMA CLASIFICAR		13	15 87%						
ORDENAR Cada elemento tiene que estar en su lugar.	¿Existe un lugar delimitado para cada cosa?	4							
	¿Se encuentra cada cosa en su lugar?	4							
	¿Están delimitadas las zonas?	3							
	¿Hay materiales fuera del alcance de los usuarios?	4							
	¿La materia prima está organizada para que la primera que entra sea la primera que sale?	4							
SUMA ORDENAR		19	25 76%						
LIMPIAR Mantener en óptimas condiciones el área de trabajo.	¿Se tienen identificados los materiales de limpieza?	4							
	¿Se tiene un mapa de limpieza?	3							
	¿Se tiene establecido responsables de limpieza por área?	5							
	¿Se encuentra la zona libre de suciedad?	3							
SUMA LIMPIAR		15	20 75%						
ESTANDARIZAR Trabajo rutinario.	¿El personal conoce sus responsabilidades?	3							
	¿Se realizan las acciones de orden y limpieza de forma repetitiva?	4							
	¿Se mantiene uniformidad en señalización?	2							
	¿Los depósitos para desperdicios se encuentran disponibles?	3							
SUMA ESTANDARIZAR		12	20 60%						
AUTODISCIPLINA Hábito de orden y limpieza.	¿El personal ha recibido capacitación sobre 5 S's?	3							
	¿Se aplica constantemente las técnicas de orden y limpieza?	3							
	¿Se respeta la señalización dispuesta?	4							
	¿Los desperdicios se encuentran bien ubicados y ordenados?	2							
SUMA AUTODISCIPLINA		12	20 60%						
Puntos posibles (pp):		100	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td style="background-color: red;">Regular</td></tr> <tr><td style="background-color: orange;">> 50 %</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">Bien</td></tr> <tr><td style="background-color: lightgreen;">> 70 %</td></tr> <tr><td style="background-color: green;">Excelente</td></tr> <tr><td style="background-color: lightblue;">> 90 %</td></tr> </table>	Regular	> 50 %	Bien	> 70 %	Excelente	> 90 %
Regular									
> 50 %									
Bien									
> 70 %									
Excelente									
> 90 %									
Puntos obtenidos (po):		71							
Calificación (100*po/pp):		71%							

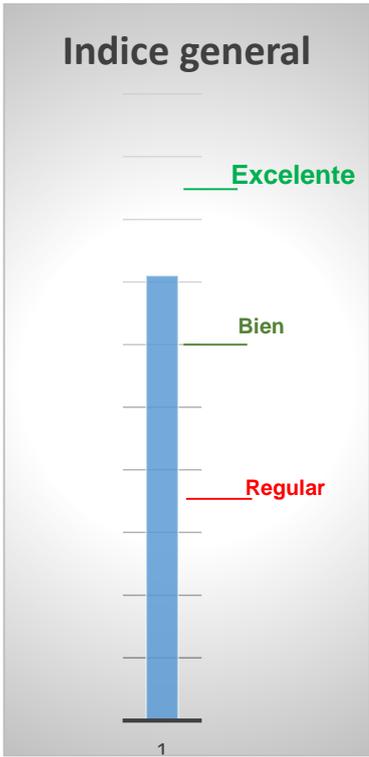


Ilustración 43: graficas obtenidas de auditorías.
Fuente: El autor.

Tabla 31: Propuesta para 5s
Fuente: El autor

PROPUESTAS PARA LAS 5s					
FOTO	PRIMERA S: SEIRI – CLASIFICAR	SEGUNDA S: SEITON - ORDENAR	TERCERA S: SEISO - LIMPIAR	CUARTA S: SEIKETSU - ESTANDARIZAR	QUINTA S: SITSUKE - AUTODISCIPLINA
	Hay objetos inesevibles aplicar tarjeta roja reubicar		Adecuar un lugar para los materiales de limpieza.	Socializar los formatos elaborados indicando las responsabilidades de los involucrados	Tomar fotografías del lugar luego de aplicar las 5s, a fin de publicar y de esta manera incentivar al personal
	La alfombra antideslizante esta deteriorada aplicar tarjeta roja	Delimitar el piso con pintura de color verde identificando que es una area de energia electrica.		Socializar los formatos elaborados indicando las responsabilidades de los involucrados	Tomar fotografías del lugar luego de aplicar las 5s, a fin de publicar y de esta manera incentivar al personal
		Colocar letreros en la pared indicando que equipos y riesgo tienen.	utilizando herramientas y equipo de seguridad adecuado limpiar polvos	Socializar los formatos elaborados indicando las responsabilidades de los involucrados	Tomar fotografías del lugar luego de aplicar las 5s, a fin de publicar y de esta manera incentivar al personal
	Existen canales y cables se requieren clasificar mediante etiquetas y colocar puentes para paso del los tecnicos	Instalar técnicamente la canaletas de las acometidas y	limpiar adecuadamente canales, ductos utilizando equipo y herramienta adecuada	Socializar los formatos elaborados indicando las responsabilidades de los involucrados	Tomar fotografías del lugar luego de aplicar las 5s, a fin de publicar y de esta manera incentivar al personal

Tabla 32: Plataforma para sistemas visuales
Fuente: El Autor, basado en (Astudillo,2017).

3.8.7.3.2 Plataforma para sistemas visuales

PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS VISUALES								
ACCIONES	OBJETIVOS	PASOS	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	CRONOGRAMA			
					Oct			
					1	2	3	4
CAPACITACIÓN	Dar a conocer al personal de mantenimiento del Banco los principios de sistemas visuales, su aplicación y funciones.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programar la reunión de capacitación. 2. Impartir la capacitación a todo el personal tecnico del banco. 3. Obtener el compromiso del Administrador del banco. 	Herramientas audiovisuales.	Líder TPM.				
SELECCIONAR LA MÁQUINA/SECCIÓN	Identificar el equipo o area adecuada para la implementación de sistemas visuales.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El grupo Kaizen recorrerá los sistemas de alimentacion del banco. 2. Analizar cual es el area o equipo que requiere mayor control. 3. Analizar cual es el equipo o area que presenta mayor probabilidad de errores humanos. 4. Analizar cual es el equipo o area con mayor errores técnicos. 5. Decidir a cual máquina o sección aplicar sistemas visuales. 	Planos del banco.	Líder TPM. Auditor TPM. Administrador del Banco.				
DOCUMENTAR LA SITUACIÓN ACTUAL	Reconocer la situación en la que se encuentra actualmente el equipo o area de acuerdo a sistemas visuales.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar fotografías del área seleccionada. 2. Crear históricos de errores humanos y fallas técnicas. 3. Describir causas de pérdida de tiempos debido a falta de señalización. 	Cámara fotográfica. Históricos de fuera de servicio. Material de oficina.	Líder TPM. Auditor TPM. Administrador del Banco. Ingeniero de mantenimiento. Coordinador TPM.				
ANALIZAR LA FACTIBILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS VISUALES	Confirmar la factibilidad de la implementación de sistemas visuales en el equipo o area identificada.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudiar la forma de sistema visual a ser aplicada. 2. Determinar la factibilidad de implementación de las herramientas. 3. Proponer alternativas. 4. De no ser factible, determinar otra máquina o sección. 	Material de oficina. Catálogos. Planos del Banco.	Líder TPM. Auditor TPM. Administrador del banco. Ingeniero de mantenimiento. Coordinador TPM.				
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA POKA YOKE	Eliminar las pérdidas por defectos humanos mediante la aplicación de sistemas Poka Yoke.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el tipo de error a atacar. 2. Identificar el lugar del sistema en el que se da el defecto. 3. Describir el procedimiento a detalle, identificando en que elemento se produce el defecto. 4. Identificar las posibles causas que producen el defecto. 5. Identificar las posibilidades de dispositivos Poka Yoke a utilizar para combatir el error. 6. Implementar el Poka Yoke determinado. 	Material de oficina. Catálogos. Planos del Banco.	Líder TPM. Ingeniero de mantenimiento . Técnicos de mantenimiento.				
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANDON	Eliminar las pérdidas por defectos causados por el equipo y reacción tardía del tecnico, mediante la aplicación de sistemas ANDON.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el tipo de defecto. 2. Identificar el lugar del sistema en el que se da el defecto. 3. Identificar las posibles causas que producen el defecto. 5. Identificar las posibilidades de dispositivos ANDON a utilizar para combatir el defecto. 6. Implementar el sistema ANDON determinado. 	Material de oficina. Catálogos. Planos del Banco.	Líder TPM. Ingeniero de mantenimiento. Técnicos de mantenimiento.				
ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO	Redactar un procedimiento de uso de los sistemas visuales implementados y como reaccionar ante ellos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documentar los sistemas implementados. 2. Describir cómo funcionan los sistemas implementados. 3. Describir la respectiva respuesta a los sistemas implementados. 4. Socializar al personal sobre los sistemas implementados. 	Material de oficina. Herramientas audiovisuales.	Líder TPM. Ingeniero de mantenimiento.				
SEGUIMIENTO DE SISTEMAS VISUALES	Realizar el seguimiento de los sistemas visuales implementados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar estadísticas de errores y defectos en los equipos o areas seleccionadas. 2. Comparar las estadísticas actuales con las de antes de implementar los sistemas visuales. 3. Desarrollar la mejora continua. 	Material de oficina. Carteleras de antes y después.	Líder TPM. Auditor TPM. Administrador del Banco.				

3.8.7.3.2.1 Capacitación

Al igual que al resto de plataformas la implantación de los sistemas visuales requiere una capacitación adecuada la misma está a cargo del grupo establecido de TPM con las herramientas adecuadas.

3.8.7.3.2.2 Selección del área o equipo

cada dispositivo y cuando se presentan los fallos no es posible identificar a cuál servidor corresponde. Es por este caso que se aplica poka yoke En el recorrido realizado por parte del grupo TPM en compañía de los técnicos y colaboradores del banco, y en base a análisis anteriores se identifica el área que contiene equipos con mayores confusiones. Por lo que a continuación se describe.

En el tablero eléctrico de protecciones del Data center existen alrededor de 70 dispositivos de maniobra como son los breakers, estos están subdivididos en varios tableros, la función de estos es proteger a cada servidor del centro de datos, los casos se dan en que no están identificados a cuál corresponde cada breaker de protección. En caso de algún fallo no se puede identificar el breaker con su equipo además del cableado. Es por este caso que se aplica poka yoke en este tablero a fin de identificar los breakers a cuál servidor corresponde.

En otro caso en la misma área del Centro de Datos se tiene el sistema de contraincendios y el sistema de aire acondicionado los fallos que se dan en el primero es por fuga del gas del cilindro de almacenamiento y solo dispone de una válvula reguladora y en el caso del sistema de A/A se apaga y no regula el clima del área. Por lo que se requiere conectar sensores de fuga del gas del cilindro con una señal sonora a fin de identificar la fuga, en el caso del sistema de A/A al igual se requiere un sensor de variación de temperatura a asimismo con una señal sonora a fin de identificar el apagado del equipo.

3.8.7.3.2.3 Situación Actual

- Los tableros eléctricos y sus componentes no se encuentran etiquetados e identificados.
- El cableado eléctrico y acometidas no se encuentran identificados datos y eléctricos y tampoco etiquetado.
- No se dispone de señales para identificar el fallo de los equipos o apagado
- No hay un sistema de alarma para identificar fugas del gas ekaro.



Ilustración 44: Fotos en condiciones actuales del centro de datos.

Fuente: El autor.

3.8.7.3.2.4 Viabilidad de las herramientas de visualización

La aplicación de las herramientas de visualización es importante debido a las situaciones comentadas anteriormente en el caso del uso del poka yoke para identificar mediante adhesivos de tamaños adecuados los respectivos UPS, tableros, breakers y cables.

La implementación del sistema andón sería mediante sensores y programa vía intranet del banco, los sensores a través de un sistema de alarma enviarían señales luminosas y sonoras en caso de fugas o apagado de los sistemas de A/A y para en caso de apagado de los UPS o servidores a través de mensajes directos al celular del técnico de mantenimiento esto sería una configuración de comunicación en línea del sistema de los UPS.

3.8.7.3.2.5 Implementación del Poka yoke

Tabla 33: Problemas identificados en data center para implementación Poka yoke.

Fuente: El autor.

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	CAUSA DEL PROBLEMA	EFECTO DEL PROBLEMA
agsoto/2017, octubre/ 2017, junio/2018	Por motivos de variacion de energia saltan breakers de proteccion de UPS en los tableros.	No se puede identificar a cual UPS o servidor corresponde.	No se identifica a tiempo el breaker correspondiente por lo que se pone en riesgo al data center .
Todas las semanas	Al realizar inspecciones y calibres no se tiene identificado los cables y tableros	No hay ningun tipo de identificacion	Se producen confuciones del cableado y elementos

Para corregir estos errores es necesario etiquetar los tableros sus componentes y sus acometidas como también los UPS.



Ilustración 45: Fotos con propuesta para implementación Poka yoke.

Fuente: El autor.

3.8.7.3.2.6 Implementación del sistema Andón

Tabla 34: Problemas identificados en data center para implementación Andón.

Fuente: El autor.

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	CAUSA DEL PROBLEMA	EFFECTO DEL PROBLEMA
oct-17	Saltan los breakers de protección UPS	Variación de energía externa	Se expone a apagarse o recalentarse los servidores de la central de datos y perder información del banco.
ene-18	Falla condensadores sistema A/A se apaga	Desconfiguración del sistema	
feb-18	Fuga de gas sistema de Contra incendios	Tuberías rotas	

Para el sistema Andon se propone colocar sensores que detecten fugas del gas o baja de temperatura en el área a fin de mediante un sistema de alarma se accione actuadores sonoros y visuales.

Asimismo, mediante un software que son compatibles con los UPS configurar monitoreo a través de un celular para el técnico de mantenimiento y pueda identificar las alarmas al instante.



Ilustración 46: Fotos con propuesta para implementación sistema Andón.

Fuente: El autor.

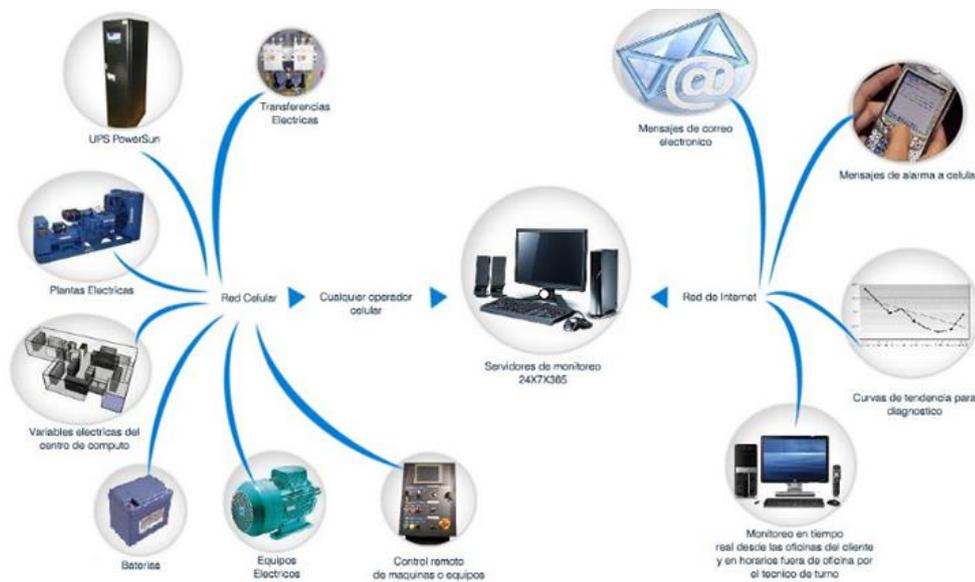


Ilustración 47: Grafica con propuesta para implementación sistema Andón.

Fuente: El autor.

3.8.7.3.2.7 Estandarización de los sistemas visuales

Para este caso de estandarización se lo hace mediante la socialización del personal a cargo en donde se les indica las implementaciones realizadas y se les capacita ante la implementación del software.

3.8.7.3.2.8 Seguimiento de los sistemas visuales

Una vez que se implantan los sistemas visuales se da la necesidad de realizar una evaluación a fin de detectar o identificar la eliminación o el porcentaje de disminución de los errores humanos en el caso del Poka yoke y en el sistema Andón la respuesta de acción por parte de los técnicos ante la señal de alarma.

Tabla 35: Formato para seguimiento a sistemas visuales.

Fuente: El autor.

 SEGUIMIENTO DE SISTEMAS VISUALES BANCO DEL AUSTRO							
VERSION:							
FECHA:							
AREA AUDITADA:							
AUDITOR:							
FORMATO DE EVALUACION							
	PREGUNTAS	CALIFICACION					
1	No son muy comunes los errores humanos en el proeso del sistema	1					
2	Se ha introducido algun sistema visual en el proeso de servicio	2					
3	El sistema visual introducido es de facil comprension y utilizacion	3					
4	El sistema visual introducido es util para el sistema	3					
5	Han disminuido lo errores humanos	2					
6	Han disminuido las fallas de los equipos	2					
7	El tiempo de respuesta por parte de los tecnicos de mantenimiento ha disminuido	2					
8	El reconocimiento de las fallas es mas sensillo	2					
9	La tasa de accidentes ha disminuido	1					
10	Los defectos en el servicio han disminuido.	2					
<table border="1"> <tr> <td>Guia de calificacion</td> </tr> <tr> <td>0=No hay implementacion</td> </tr> <tr> <td>1=un 30% de cumplimiento</td> </tr> <tr> <td>2=cumple un 65%</td> </tr> <tr> <td>3=cumple un 95%</td> </tr> </table>			Guia de calificacion	0=No hay implementacion	1=un 30% de cumplimiento	2=cumple un 65%	3=cumple un 95%
Guia de calificacion							
0=No hay implementacion							
1=un 30% de cumplimiento							
2=cumple un 65%							
3=cumple un 95%							

	PORCENTAJE	PUNTOS
SISTEMAS VISUALAES	67%	20
REGULAR	50%	
BIEN	>70%	
EXCELENTE	>90%	

3.8.7.3.3.1 Capacitación

Utilizando audiovisuales se hace la respectiva capacitación y socialización con el personal de mantenimiento del banco, indicando sus responsabilidades.

3.8.7.3.3.2 Limpieza inicial

En este caso la implementación del mantenimiento autónomo como plan piloto se lo hace en el generador de energía, como primer paso es realizar una limpieza general para así identificar los focos de suciedad, fugas, corrosión, lubricación, etc.

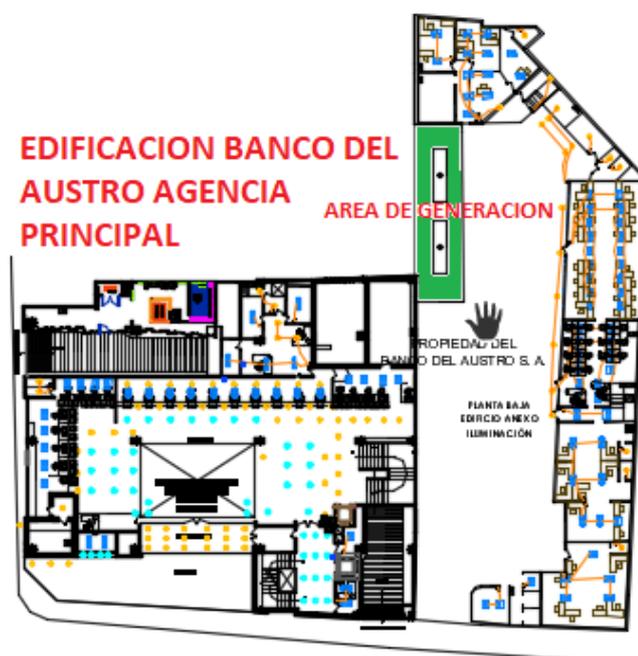


Ilustración 48: identificación del área de generación.

Fuente: Basado en planos del Banco del Austro.

El banco cuenta con dos generadores de energía, los dos se encuentran estado de standby (espera) entra a funcionar uno de los dos cuando existe ausencia de energía en la red eléctrica que provee la EERS, el funcionamiento es simultaneo, el uno es respaldo del otro en caso de fallar el primero. El método a implementar es el mismo para los dos con variación en los formatos.

3.8.7.3.3.3 Contramedida o situación actual



Ilustración 49: Fotografías del área de generación en condiciones actuales.

Fuente: El autor.

- En primera instancia se hace una limpieza general de toda el área, además de ordenarlo.
- En la parte superior de la pared posterior del área de generación esta descubierta por lo que salpica el agua lluvia a toda la parte interna incluyendo al equipo, se cubre completamente la pared.
- Existe aceite derramado en la base interna del generador debido a la mala técnica en el momento que se realiza el cambio de aceite se indica el procedimiento correcto de aplicación con la herramienta correspondiente.
- Se presenta corrosión en la base interna del generador debido a fugas de agua en tuberías internas se realiza cambio de tuberías

3.8.7.3.3.4 Inspección general

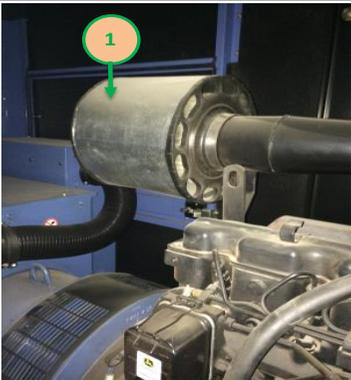
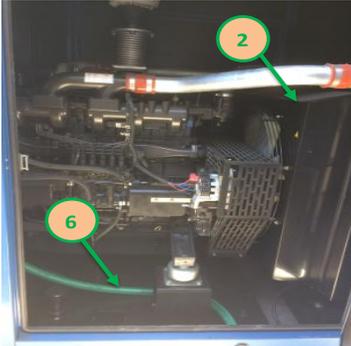
De los dos generadores que se dispone el primero tiene una antigüedad de 8 años y se ha hecho mantenimiento anual y el segundo es relativamente nuevo con un tiempo de 2 años de antigüedad se ha hecho el ultimo mantenimiento hace casi un año, normalmente se contrata debido a la configuración de los mismos por parte del proveedor.

3.8.7.3.3.5 Inspección autónoma

Como se comentó anteriormente se han realizado mantenimientos preventivos no planificados por parte de los proveedores, por lo que se requiere un plan de mantenimiento autónomo el mismo a ser ejecutado por el personal de mantenimiento.

3.8.7.3.3.6 Formato estandarizado de mantenimiento autónomo para el generador eléctrico.

Tabla 37: Formato estandarizado de mantenimiento autónomo. Fuente: El Autor.

FORMATO DE ESTANDARIZACION PARA MANTENIMIENTO AUTONOMO DEL GENERADOR ELECTRICO 1 MARCA SDMO AGENCIA PRINCIPAL BANCO DEL AUSTRO											
 BANCO DEL AUSTRO	BANCO DEL AUSTRO AGENCIA PRINCIPAL				APROBADO POR: ADMINISTRADOR DEL BANCO DEL AUSTRO.						
	SECCION OPERATIVA: ELECTROGENOS.		Versión:		IMPLEMENTACION Y SEGUIMIENTO: ING. GEOVANNY PESANTEZ						
	EQUIPO: GENERADOR 1.		Fecha:		A CARGO DE: FACILITADOR TPM.						
	AREAS DE LIMPIEZA		ESTANDARES DE LIMPIEZA	METODOS DE LIMPIEZA	UTILES DE LIMPIEZA	TIEMPO LIMPIEZA	CICLO LIMPIEZA				
	N°	Categoría					DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL
	1	Filtros de aire	Limpieza de polvo.	Generador apagado .	Sopladora	10 min.					X
	2	Radiador	limpieza de residuos liquidos y polvo	Generador apagado, limpiar manualmente, usar guantes.	Wipe, agua.	15min					X
	3	Parte exterior del motor a combustio	Limpieza de polvo.	Generador apagado,limpiar manualmente, usar guantes.	Wipe, desengrasante, franela.	20min					X
	4	Bornes de la bateria	limpiar sulfatacion	Generador apagado, limpiar manualmente usar guantes.	waipe,cepillo punta de acero	10 min.					X
	5	Panel de control	Limpieza de polvo.	Generador apagado, Limpiar manualmente.	Brocha y wipe.	10min				X	
	6	Tuberias de acople interior	limpieza de polvo	Generador apagado, limpiar manualmente, usar guantes.	Wipe, desengrasante.	20min					X
	7	Cabina	Limpieza de polvo.	Generador apagado,limpiar manualmente, usar wipe.	Brocha, wipe y sopladora.	20 min					X
	8	Pozos de revision	limpieza de polvo ,desechos	Generador apagado, limpiar manualmente.	Escoba.	10min				X	
	9	Area del piso	Residuos del piso	Generador apagado,limpiar manualmente	Escoba.	10min		X			
PUNTOS DE VERIFICACION			Ajuste de tuercas y tornillos de borneras internas Verificar que los parametros de operaci3n en el panel esten correctos. Verificar nivel de agua del radiador en el visor de nivel verificar nivel diesel en el visor de nivel								
AREAS DE LUBRICACION		ESTANDARES DE LUBRICACION	METODOS DE LUBRICACION	UTILES DE LUBRICACION	TIEMPO LUBRICACION	CICLO LUBRICACION					
N°	Categoría					SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	
A	aceite del motor del generador.	Nivel correcto de aceite.	generador apagado Indicador de nivel.	llaves de pico, embudo	60min				X		
PUNTO DE VERIFICACION			revisar si existe fuga de aceite en el motor del generador								
											

3.8.7.3.3.7 Seguimiento del Mantenimiento Autónomo

Para el seguimiento de mantenimiento autónomo a desarrollarse se lo hace a través de órdenes de trabajo de mantenimiento para lo que se crea un formato que se describe a continuación. Este formato sirve tanto para el seguimiento por parte el ing. de mantenimiento como para manifestar observaciones en el mantenimiento por parte del técnico.

Tabla 38: Formato para seguimiento autónomo.

Fuente: El autor.

 BANCO DEL AUSTRO-DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO BANCO DEL AUSTRO				Codigo	
				fecha de vigencia:	
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
N de orden de trabajo:		Fecha y hora de la solicitud:		Solicitado por:	
Codigo del equipo:			Nombre del equipo:		
Tipo de trabajo a ejecutar: mec () elec () otro ()			Tipo de mantenimiento: Correctivo () Autonomo () Preventivo ()		
TRABAJO SOLICITADO					
TRABAJO EJECUTADO					
RECURSOS NECESARIOS					
Mano de obra		Materiales y repuestos		Equipos necesarios	
Cantidad	Descripcion	Cantidad	Descripcion	Cantidad	Descripcion
OBSERVACIONES				Hora y fecha de inicio del mant:	
				Hora y fecha de culminacion del mant:	
Firma del ing de Mantenimiento:				Tiempo de ejecucion del mant:	

3.8.7.3.4.1 Capacitación y administración del plan

Hay que tomar en cuenta que el mantenimiento que se ha venido efectuando en los equipos eléctricos del banco del Austro han sido correctivos, por lo que se hace necesario la capacitación y la socialización de la importancia de la implantación del mantenimiento preventivo.

La forma en que se propone llevar a cabo es mediante la capacitación de los técnicos de mantenimiento eléctrico ya que al momento de planificar esta herramienta el banco contrató nuevo personal con perfil y conocimiento técnico para dicho departamento eléctrico y de echo posee conocimientos para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

3.8.7.3.4.2 Selección del área y/o equipo

Cabe recalcar que, al no existir ningún plan de mantenimiento en todos los equipos, se debería aplicar a todos los equipos eléctricos, pero al igual que las implementaciones de herramientas anteriores y en base a los análisis a través del análisis seis sigma y las herramientas de criticidad aplicadas y obteniendo el equipo más crítico. como plan piloto a implementar el mantenimiento preventivo se consideró al equipo UPS que está ubicado en el centro de datos.

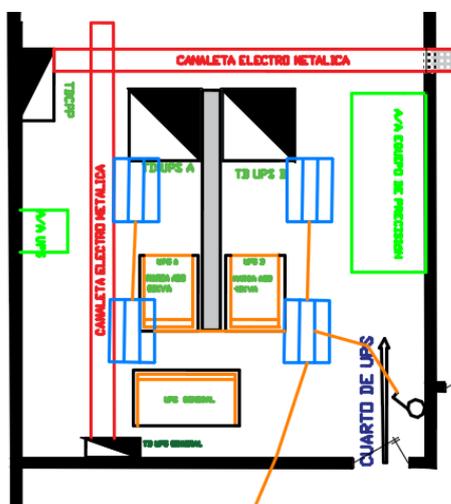


Ilustración 50: Área de data center donde está ubicado UPS.

Fuente: Basado en planos (Banco del Austro).



Ilustración 51: Fotos del equipo UPS propuesto a implementar mantenimiento preventivo.

Fuente: El autor.

3.8.7.3.4.3 Actividades de mantenimiento y programación

Para realizar la programación de las actividades de mantenimiento del equipo UPS se considera manuales y recomendaciones del fabricante, experiencia de los técnicos de mantenimiento, para este caso se planifica rutinas de mantenimiento menor y rutinas de mantenimiento mayor, y se estandariza un formato para cada uno y llevar el control de los mismos.

Hay que tomar en cuenta algunas consideraciones para realizar dichas rutinas de mantenimiento:

En el caso del mantenimiento preventivo menor no se requiere ninguna coordinación anterior y se lo hace con el equipo en funcionamiento.

En el caso del mantenimiento preventivo mayor se requiere coordinar con el personal informático encargado del centro de datos, para realizar el cambio de respaldo de energía hacia el otro UPS que hace de respaldo.

Tabla 40: Formato de rutina de mantenimiento preventivo menor equipo UPS Banco del Austro.

Fuente: El autor

 BANCO DEL AUSTRO AGENCIA PRINCIPAL							
PROTOCOLO DE RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENOR EQUIPO UPS DEL CENTRO DE DATOS							
Actividad:				Ubicacion:		Hoja N:	
Responsable del proceso:				Nombre del equipo:		Fecha:	
ORDEN DE ACTIVIDAD	RUTINA	FRECUENCIA	OBJETIVO	DESCRIPCION	REALIZADO		OBSERVACIONES
					SI	No	
1	Inspeccionar visualmente y auditivamente el funcionamiento fuera de lo comun	Semanal	Conservar la disponibilidad del UPS (operacion normal)	Observar escuchar cuando el UPS esta en funcionamiento			
2	Revisar historial de alarmas en el menu			Revisar el menu del UPS en panel de control			
3	Tomar lecturas de parametros de operacion			Revisar en el menu del UPS en el panel de control			
4	Inspeccion visual de ventiladores			Revisar visualmente			
5	Limpia carcaza externa del equipo			Con ayuda de Wipe y soplador realizar limpieza de la parte exterior.			

Tabla 41: Formato de rutina de mantenimiento preventivo mayor equipo UPS, Banco del Austro.
Fuente: El autor.

 BANCO DEL AUSTRO AGENCIA PRINCIPAL							
PROTOCOLO DE RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYOR EQUIPO UPS DEL CENTRO DE DATOS							
Actividad:				Ubicacion:		Hoja N:	
Responsable del proceso:						Fecha:	
ORDEN DE ACTIVIDAD	RUTINA	FRECUENCIA	OBJETIVO	DESCRIPCION	REALIZADO		OBSERVACIONES
					SI	No	
A	Se debe considerar las siguientes precauciones:	Anual	Precauciones para realizar el mantenimiento preventivo	Inspeccionar el equipo Tomar los datos del menu del UPS Desconectar las tomas de salida del equipo Apagar el equipo del boton on/off Medir voltajes entrada/salida Inspeccionar de forma visual y al tacto sobrecalentamiento y arqueamiento.			
1	Verificar visual y auditivamente en operación y ruidos extraños						
2	Tomar parametros antes de apagar el equipo UPS						
3	Tomar lectura en puntos criticos antes de retirar la carga						
4	Inspeccion visual de todos los subensambles y componentes principales						
5	Retirar la carga del equipo						
6	Sacar de operación la unidad, apagar el equipo						
7	Asegurarse de que no haya voltajes peligrosos						
8	Verificar de que no existan señales de arqueamiento, sobrecalentamiento, escurrimiento.						

B	Verificar todas las conexiones mecanicas en:	Anual	Comprobar que todas las conexiones esten correctas	Inspeccionar de forma visual todas las secciones internas del UPS Inspeccionar al tacto conexxiones internas			
1	La seccion de entrada						
2	La seccion del rectificador						
3	La seccion del cargador						
4	La seccion del inversor						
5	Filtros						
6	Seccion de salida						
7	En el cableado de señal de control, y verificar los conectores						
8	Conexión de interruptores y estado de estos						
9	Verificar los capacitores de CC y CA						
C	Limpieza de polvo y material extraño dentro del gabinete	Anual	Limpieza completa del equipo	Utilizando wipe, brocha y soplete limpiar todo el gabinete			
	Limpieza y sopleteado de todas las secciones del sistema:						
1	Entrada,rectificador ,cargador, inversor,filtros y salida.						
2	Limpieza con extremo cuidado a tarjetas de control y cuando se requiera usar agente limpiador antiestatico.						
3	Limpieza externa del equipo.						
4	Revisar que dentro del equipo no quede algun objeto.						
5	Encender la logica del control.						
6	Verificar los puntos de prueba, según el manual del fabricante						
7	Verificar, señalizacion de indicadores y alarmas						
8	Verificar, el funcionamiento de interruptores y contactores cuando sea el caso.						

D	Calibrar el equipo, con especificaciones del fabricante o estado de referencia cuando inicialmente fue encendido	Anual	Calibracion correcta para funcionamiento normal del equipo	Utilizando un osciloscopio y basandose en el manual de fabricante medir cada			
1	Verificar y cuando sea necesario calibrar la fuente de alimentacion						
2	En los puntos de prueba verificar y calibrar si es necesario, según el manual del fabricante o el estado de referencia.						
3	Observar en el osciloscopio, las formas de onda de la seccion de disparo						
4	Verificar dinamicamente los filtros						
5	Retirar equipos y herramientas de prueba						
6	Cerrar el equipo						
7	Poner en funcionamiento el equipo					Poner en funcionamiento el osciloscopio	
8	Verificacion de l operación normal del equipo					Utilizando un multmetro medir los aparmetros indicados	
9	Verificar, la tension de entrada y salida, de ser necesario hay que hacer los ajustes pertinentes, según se requiera.						
10	Verificar la tension de salida, de cada una de las baterias o de los bancos de baterias						
11	Verificar la forma de onda de la salida del equipo						
12	Verificar la transferencia de la bateria con descarga, simulando un corte de energia, abrir interruptor de entrada.						
13	Verificar, que el equipo funciono correctamente con baterias.						
14	Verificar el voltaje de los bancos de baterias, durante la prueba.						
15	Terminada la prueba, cerrar el interruptor de entrada						
16	Verificar la operación normal						
E	Regreso de la unidad a servicio con carga real y verificar la salida:	Anual	Reestablecimiento del equipo	Conectar la carga del equipo y verificar operación normal			
1	Regresar la carga al equipo en operación normal						
2	Verificacion de operación normal, con carga del equipo.						

3.8.7.3.4.4 Control de las actividades programadas

Para llevar el control de las actividades del mantenimiento preventivo se lo hace en el mismo formato propuesto anteriormente y para llevar el registro del mantenimiento a través del formato de orden de trabajo presentado en mantenimiento autónomo.

3.8.7.4 Conclusión de las etapas de mejora y control

En esta etapa se cumplió con los objetivos planteados, la aplicación de algunas de las herramientas TPM como son: 5s, herramientas visuales, mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo, cada una de estas con la debida estructuración de plataformas para implementarlas. Se hizo una selección para la aplicación de las diferentes herramientas basándose en la criticidad y prioridades de cada área y equipo a fin de optimizar y mejorar el mantenimiento y servicio de los equipos eléctricos

Asimismo, se crearon formatos de tarjetas para control, limpieza, órdenes de trabajo, rutina de mantenimiento y también se efectuó auditorias todas esto a fin de controlar las herramientas propuestas.

CONCLUSIONES

Hay que tomar en cuenta que el TPM al ser una estrategia que se compone por una serie de actividades estructuradas, su implementación ayuda a mejorar el potencial de una organización está ya sea manufacturera o de servicios, y se complementa plenamente con herramientas estadísticas como en es el caso de esta tesis la herramienta seis sigma como una metodología de la calidad para mejorar la capacidad de sus procesos.

La aplicación de la metodología seis sigma como herramienta estadística y tomando desde la óptica de la función de mantenimiento, su aplicación ayuda en gran medida a identificar los equipos críticos en un sistema. En un proceso de mejora una vez identificado el estado actual de un equipo, asimismo identificado los fallos específicos, se pueden desarrollar planes de mantenimiento. En un proceso de control se desarrollan formatos según el requerimiento a fin de llevar un control del mantenimiento planificado. Se pueden fusionar con el TPM y seis sigma a fin de llevar a cabo actividades ordenadas, involucrando a todo el personal.

Es importante y prioritario para la implantación de dichas estrategias exista el compromiso y colaboración total por parte de la alta gerencia, ya que el grado de compromiso que exista dependerá la fluidez y éxito de los objetivos planteados.

Otro pilar fundamental es la capacitación y formación al personal técnico como también al personal involucrado en la implantación del TPM. En el caso del banco del Austro se dio un compromiso pleno y entusiasta, actitudes que facilitan y estimulan un buen desarrollo e implementación, creando plataformas con procedimientos de aplicación cognoscibles y pueden ser mejorados o modificados según se amplíe la gestión.

La implementación del TPM involucra de forma íntegra a todo el conjunto en una empresa. En este presente trabajo se implementó específicamente a los equipos eléctricos que proveen y respaldan energía eléctrica al Banco, involucrando al personal que lo conforma por lo que se puede considerar como un primer paso dado, hay que tomar en cuenta que se partió desde cero con una planificación y gestión totalmente nula por parte del departamento. Como factor a resaltar es la concientización echa tanto a los administradores como a los técnicos que se puede planificar y mejorar las actividades de mantenimiento a la vez dar su lugar y prioridad al departamento de mantenimiento ya que como en muchos casos no se le da la prioridad necesaria y se lo considera como un anexo, en el caso del banco se hizo tomar conciencia que el departamento es uno de los pilares más importantes ya que sobre este departamento recae la responsabilidad de proveer energía continua al corazón del banco por así decirlo, que es el centro de datos

La aplicación de esta plataforma ayuda a mejorar la respuesta por parte del personal, motivándoles a realizar mejor sus actividades lo que conlleva a ser más productivos y eficientes.

RECOMENDACIONES

Hay que considerar que existe el compromiso por parte de los administradores, pero falta un mayor compromiso por parte de la alta gerencia del banco ya que dichos administradores se centran o dan prioridad a las áreas administrativas como marketing y finanzas.

Como bien se dijo este proyecto es un primer paso dado y recién empieza, se requiere mayor relevancia, ya que la implementación de estas herramientas es un proceso continuo.

Como herramienta importante para facilitar y llevar un control integro se recomienda un sistema de mantenimiento informático.

Asimismo se recomienda el desarrollo de un mantenimiento predictivo previo un análisis de calidad de energía y en base a estos resultados tomar de decisiones predictivas.

Las herramientas de mantenimiento preventivo se realizaron de forma estandarizada y se pueden aplicar a los equipos UPS de las sucursales que están ubicadas en todo el país ya que mediante una inspección que se hizo en algunas sucursales tanto de la costa y oriente se concluyó que el contexto operacional y el funcionamiento es similar y no hay mayor incidencia por el clima salvo algunos equipos como los generadores que se encuentran a la intemperie, las rutinas del mantenimiento autónomo serian mas continuas.

En el caso de las herramientas 5s, autónomo y sistemas visuales se modificarían según el equipo o área, pero siguiendo la misma estandarización de implementación.

BIBLIOGRAFIA

- Gutiérrez, H., De la Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. México, DF: Mc Graw Hill.
- Escalante, E. (2003). Metodología y técnicas. México, DF: Limusa.
- Torres, L. (2015). Gestión integral de activos físicos y Mantenimiento. Argentina, Buenos Aires: Alfa omega.
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. USA: Aladon LLC.
- Mora, L. (2013). Mantenimiento planeación ejecución y control. México, DF: Alfa omega.
- Sexto, L. F. (2016). Fundamentos de mantenimiento y gestión de activos. Italia, Lissone: Radical Management.
- Sexto, L. F. (2016). Principios de gestión de mantenimiento. Ecuador, Cuenca: Universidad del Azuay.
- García, F. (2016). Maestría en gestión de mantenimiento. Mantenimiento productivo total. Ecuador, Cuenca: Universidad del Azuay.
- Cuatrecasas, Ll., Torrell, F. (2009). TPM en un entorno lean management. España, Barcelona: Profiteditorial.
- Nakajima, S. (1993). Introducción al TPM. España, Madrid: Productivity Press.
- Astudillo, F. (2016). Crear una plataforma para la implementación de mantenimiento productivo total basada en filosofía lean, aplicable a la pequeña y mediana empresas de manufactura, caso Etapa ep (Tesis de maestría no publicada). Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- SlideShare. (2009). Ejemplo de aplicación seis sigma. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jcfdezmx2/ejemplo-de-aplicacin-seis-sigma>
- Docplayer. (2015). Estrategia seis sigma en mantenimiento. Recuperado de <https://docplayer.es/1259032-Charlas-para-la-gestion-del-mantenimiento-fernando-espinoza-fuentes.html>