

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
PROYECTO DE GRADUACIÓN

COOPELESCA R.L

**“Mejora del proceso de mantenimiento de transformadores mediante
el diseño de un Modelo de Cálculo de la Capacidad
para el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L”**

REALIZADO POR:

BEATRIZ ADRIANA GONZÁLEZ BARRANTES

PROFESOR ASESOR:

ING. ERICK PÉREZ MURILLO, M.Eng., MAE

ASESOR INDUSTRIAL:

ING. LUIS DIEGO ROJAS GONZÁLEZ, MAE

NOVIEMBRE 2016

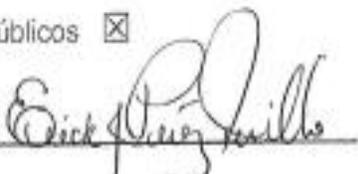
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA

El presente Proyecto de Graduación titulado "Mejora del proceso de mantenimiento de transformadores mediante el diseño de un Modelo de Cálculo de la Capacidad para el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L." y realizado en la empresa Coopelesca R.L. durante el II Semestre del 2016, ha sido defendido, ante el Tribunal Examinador integrado por los profesores Ing. Rafael Torres Navarro e Ing. Ana Catalina Leandro Sandi; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto realizado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Erick Pérez Murillo.

Este documento y su defensa ante el Tribunal Examinador han sido declarados:

Públicos

 ①

Ing. Rafael Torres Navarro, MEng.

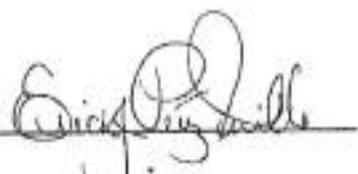
Profesor(a) Evaluador(a)

Confidenciales



Ing. Ana Catalina Leandro Sandi, Máster

Profesor(a) Evaluador(a)



Ing. Erick Pérez Murillo, MEng, MAE.

Profesor Asesor



Srta. Beatriz González Barrantes

Estudiante

San Carlos, 16 de noviembre de 2016

① Erick Pérez Murillo en lugar de Rafael Torres Navarro, con su autorización, según correo electrónico del 21 de noviembre de 2016.

AGRADECIMIENTO

Al equipo del Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L:

Carlos Jiménez M.
Pablo Oses A.
Roger Barrantes V.
Gustavo Herradora O.

Al Asesor Industrial Ing. Diego Rojas González y el equipo del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica:

Gina Moya G.
Javier Guerrero S.
Franklin Ugalde Q.
Marco Córdoba A.

Por el apoyo, colaboración y trato durante la realización del proyecto.

Al Ing. Juan José Valerio Vindas.

Por sus consejos y acompañamiento antes y durante el proyecto.

Al Profesor Asesor Ing. Erick Pérez Murillo.

Por su guía y acompañamiento durante el proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres:

Juan Antonio González Pérez.
Pilar Barrantes Madrigal.

y hermano:

Gerald González Barrantes

Por el apoyo durante los años de estudio y la realización del proyecto, y primeramente a Dios por haberme permitido vivir esta experiencia junto a mi generación 2012.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Identificación de la empresa	2
1. Visión, misión, valores y políticas	2
2. Antecedentes históricos	3
3. Ubicación.....	5
4. Estructura Organizativa.....	6
5. Número de Colaboradores.....	9
6. Mercado	10
7. Tipos de Productos y sus características	11
8. Descripción general del proceso productivo	15
B. Justificación del estudio	17
C. Objetivos del Estudio.....	18
D. Alcance y Limitaciones.....	19
II. MARCO TEÓRICO	21
III. METODOLOGÍA	33
IV. SITUACIÓN ACTUAL.....	40
V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	98
VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO	102
VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES	142
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
APÉNDICES	157
Apéndice 1. Flujo de Mantenimiento de Equipos Enero-Junio 2016	158

Apéndice 2. Fotografías Pruebas, Operaciones y otros	159
Apéndice 3. Inicio y Fin de Elementos	161
Apéndice 4. Formato Hoja Recolección de Tiempos.....	165
Apéndice 5. Tamaños de muestra recomendados para los tiempos recolectados	166
Apéndice 6. Determinación de media, desviación estándar, mediana, y prueba de normalidad.....	170
Apéndice 7. Aplicación de Suplementos	172
Apéndice 8. Cursogramas	175
Apéndice 9. Flujo de trabajo de los primeros seis meses del año 2016	205
Apéndice 10. Muestreo de Trabajo	206
Apéndice 11. Análisis Requerimientos Modelo	213
Apéndice 12. Manual de Usuario del Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico	215
Apéndice No. 13 Diseño del Puesto de Trabajo	216
Apéndice 14. Tiempos recopilados para la prueba de Hoja de Registro Digital	217
ANEXOS	219
Anexo 1. Hoja en de Registro de resultados del Taller Eléctrico.....	220
Anexo 2. Cotizaciones	221

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	Descripción	Página
Figura No. 1	Antecedentes de COOPELESCA R.L.....	4
Figura No. 2	Ubicación oficinas de operación COOPELESCA R.L	5
Figura No. 3	Organigrama COOPELESCA R.L	7
Figura No. 4	Área de Concesión de COOPELESCA R.L	11
Figura No. 5	Servicios de COOPELESCA R.L	13
Figura No. 6	Transformador convencional de 5 KVA	13
Figura No. 7	Pértiga Telescópica desarmada	14
Figura No. 8	Luminaria Tipo LED	14
Figura No. 9	Diagrama General del Proceso de Mantenimiento del Taller Eléctrico	15
Figura No. 10	Ejemplo de Hoja de Cursograma Analítico de Proceso.....	25
Figura No. 11	Ejemplo de Diagrama de Recorrido	25
Figura No. 12	Partes de un Transformador	31

Figura No. 13 Cronograma de la Metodología utilizada en el estudio	39
Figura No. 14 Plano de las Instalaciones del Taller Eléctrico y su división por áreas	45
Figura No. 15 Identificación de distancias entre las áreas del Taller Eléctrico	47
Figura No. 16 Diagrama de Proceso de Mantenimiento Transformador que pasa todas las pruebas	52
Figura No. 17 Continuación Diagrama de Proceso de Mantenimiento Transformador que pasa todas las pruebas	53
Figura No. 18. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador Sospechoso de PCB	54
Figura No. 19. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador Dañado	57
Figura No. 20 Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura	59
Figura No. 21 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura.....	60
Figura No. 22 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura.....	61
Figura No. 23 Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador con sólo cambio de Aceite	64
Figura No. 24 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador con sólo cambio de Aceite	65
Figura No. 25. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador que requiere Pintura	66
Figura No. 26 Diagrama de Proceso Mantenimiento de Transformador Nuevo	69
Figura No. 27 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento de Transformador Nuevo	70
Figura No. 28 Simbología de los diagramas de recorrido de los Procesos de Mantenimiento de Transformadores	71
Figura No. 29 Diagrama de Recorrido Transformador pasa todas las pruebas.....	72
Figura No. 30 Diagrama de Recorrido Transformador Sospechoso de PCB Positivo	72
Figura No. 31 Diagrama de Recorrido Transformador Sospechoso PCB Negativo	74
Figura No. 32 Diagrama de Recorrido Transformador Dañado.....	74
Figura No. 33 Diagrama de Recorrido Transformador Bajo Aislamiento hasta Almacenado	76
Figura No. 34 Diagrama de Recorrido Transformador Cambio de Aceite hasta Almacenado	76
Figura No. 35 Diagrama de Recorrido transformador Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite después de Almacenado.....	78
Figura No. 36 Diagrama de Recorrido Transformador Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite después de Pintura	78
Figura No. 37 Diagrama de Recorrido Transformador sólo Cambio de Aceite sin Pintura	80
Figura No. 38 Diagrama de Recorrido Transformador Sólo requiere Pintura	80
Figura No. 39 Diagrama de Recorrido Transformador Nuevo Prueba Relación y Eléctricas	81

Figura No. 40 Cursograma del Proceso de Mantenimiento de un transformador usado que pasa todas las pruebas	84
Figura No. 41 Continuación Cursograma del Proceso de Mantenimiento de un Transformador usado que pasa todas las pruebas	85
Figura No. 42. Resultados de la utilización de la Jornada Laboral según el Muestreo de Trabajo Agosto-Septiembre 2016.....	93
Figura No. 43. División por Actividades de la utilización de la Jornada Laboral según el Muestreo de Trabajo Agosto-Septiembre 2016.....	94
Figura No. 44. División en porcentaje de la Utilización de la Jornada Laboral Operarios 1 y 4	95
Figura No. 45 División en porcentaje de la Utilización de la Jornada Laboral Operarios 2 y 3	96
Figura No. 46 Identificación de los tiempos en grupo comunes entre los tipos de mantenimiento en transformadores.....	104
Figura No. 47 Ingreso de datos al modelo de Cálculo de Capacidad en la sección Resultados.....	108
Figura No. 48 Cálculo de los tiempos operativos totales.....	110
Figura No. 49 Opción de Ingreso de más horas laborales para los mantenimientos en transformadores.....	110
Figura No. 50 Sección de los Resultados que ofrece el modelo y su Interpretación	111
Figura No. 51 Reporte resumen del Modelo de Cálculo de Capacidad	112
Figura No. 52 Resumen de Entradas, Proceso y Salidas del Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico.....	112
Figura No. 53 Metodología del Modelo de cálculo de capacidad.....	113
Figura No. 54 Primera frecuencia de 8 para transformadores nuevos.....	115
Figura No. 55 Segunda frecuencia de 8 para transformadores Nuevos	115
Figura No. 56 Resultados de Tiempo Unitario y Total para los transformadores Nuevos	116
Figura No. 57 Escenario de 8 transformadores Nuevos	117
Figura No. 58 Comparación del escenario de 8 transformadores nuevos contra resultados del modelo.....	117
Figura No. 59 Cambio de cantidad de transformadores nuevos ingresados al modelo ...	118
Figura No. 60 Cambio del máximo multiplicador al superar la frecuencia del tiempo compartido.....	119
Figura No. 61 Nuevos cajones propuestos para el almacenaje del Equipo de la Prueba de Relación y el Equipo de Prueba de Aislamiento	122
Figura No. 62 Espacio Propuesto para el almacenaje de Etiquetas.....	122
Figura No. 63 División de la hoja de registro de mantenimientos de transformadores según el estudio de Tiempos realizado	124
Figura No. 64 Datos comunes entre la Hoja de Mantenimiento en Físico y el Registro Digital de datos técnicos	125
Figura No. 65 Primera parte Hoja Registro Digital propuesta.....	127
Figura No. 66 Segunda parte Hoja Registro Digital propuesta.....	128
Figura No. 67 Última parte Hoja Registro Digital propuesta.....	129

Figura No. 68 Resultados del Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con tiempos actuales.....	132
Figura No. 69 Resultados Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con Tiempos de la propuesta Reducción de Demoras.....	132
Figura No. 70 Distribución actual de las mesas de trabajo con respecto a las áreas de Almacenamiento.....	136
Figura No. 71 Flujos de Proceso propuestos para Transformadores Nuevos, Dañados, Sospechosos de PCB y Desecho.....	137
Figura No. 72 Flujos de Proceso propuestos para Transformadores que pasan todas las pruebas, Bajo Aislamiento, Cambio Aceite o Pintura.....	138
Figura No. 73 Proceso de colocación de núcleo en el horno para los transformadores con Bajo Aislamiento, Cambio de Aceite y Pintura.....	139
Figura No. 74 Flujo de Proceso propuesto para la etapa final del proceso de las cubas que regresan de Pintura.....	139
Figura No. 75 Resultados Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con Tiempos de la propuesta Redistribución del flujo de Proceso.....	140
Figura No. 76 Diagrama de Gantt para la implementación de la Propuesta de Reducción de Demoras.....	145
Figura No. 77 Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta de Redistribución del Flujo de Proceso.....	146
Figura No. 78 Transformadores con Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite según potencia durante el primer semestre 2016 en el Taller Eléctrico COOPELESCA R.L.....	151
Figura No. 79 Transformadores Dañados según su potencia durante el primer semestre 2016 en el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L.....	152
Figura No. 80 Flujo de trabajo de transformadores Enero-Marzo 2016.....	205
Figura No. 81 Flujo de trabajos en transformadores Abril-Junio 2016.....	205
Figura No. 82 Medidas en mm para el espacio de almacenaje de etiquetas.....	216
Figura No. 83 Medidas en mm para los nuevos cajones de la mesa de trabajo.....	216
Figura No. 84 Tiempos Recolectados para la Prueba de la Hoja de Registro Digital.....	217

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	Descripción	Página
Cuadro No. 1	División y Funciones de los trabajadores de COOPELESCA R.L.....	10
Cuadro No. 2	Pasos y Símbolos de un Proceso	24
Cuadro No. 3	Otros pasos y símbolos de un Proceso	24
Cuadro No. 4	Metodología PHVA utilizada en el estudio del Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L.....	36
Cuadro No. 5	División Actual de las Labores por operario del Taller Eléctrico.....	41
Cuadro No. 6	Jornada laboral actual en minutos del Taller Eléctrico.....	42
Cuadro No. 7	Descripción del Equipo del Taller Eléctrico.....	44
Cuadro No. 8	Distancia en metros entre las áreas del Taller Eléctrico.....	46
Cuadro No. 9	Porcentaje del Tiempo total destinado a cada tipo de actividad o paso en proceso de mantenimiento de transformadores usados que pasan todas las pruebas.....	87
Cuadro No. 10	Porcentaje del Tiempo total destinado a cada tipo de actividad o paso en proceso de mantenimiento de transformadores nuevos.....	87
Cuadro No. 11	Resumen de Tiempos Operativos actuales de los Procesos de Mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L.....	88
Cuadro No. 12	Continuación Resumen de Tiempos Operativos actuales de los Procesos de Mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L.....	89
Cuadro No. 13	Registros de los reportes mensuales de trabajos realizados en el Taller Eléctrico enero 2016.....	90
Cuadro No. 14	Asignación de Actividades Productivas y No Productivas del Taller Eléctrico para el muestreo de trabajo Agosto-Septiembre 2016.....	91
Cuadro No. 15	Descripción de las Actividades Productivas y No Productivas del Taller Eléctrico para el muestreo de trabajo Agosto-Setiembre 2016.....	92
Cuadro No. 16	Codificación de los Tipos de Mantenimiento en el Taller Eléctrico.....	105
Cuadro No. 17	Tabla de Tiempos Individuales y de Grupo según tipo de Mantenimiento.....	106
Cuadro No. 18	Frecuencias presentadas para cada Tipo de mantenimiento en Transformadores.....	107
Cuadro No. 19	Tiempos Individuales para transformadores Nuevos.....	114
Cuadro No. 20	Tiempos compartidos para Transformadores Nuevos.....	114
Cuadro No. 21	Tiempos compartidos para transformadores Nuevos de Garantía.....	116
Cuadro No. 22	Índice de Utilización de la Capacidad Operativa del Taller Eléctrico en el periodo Enero-Junio 2016 según el modelo diseñado.....	119
Cuadro No. 23	Evaluación Económica Propuesta del Modelo de Cálculo de Capacidad.....	121
Cuadro No. 24	Reducción de Tiempos por Agregar espacios de almacenamiento en las mesas de trabajo.....	123
Cuadro No. 25	Oportunidad de Mejora por sección de la hoja de registro de mantenimientos.....	127
Cuadro No. 26	Comparación de tiempos de registro de datos en físico y digital en minutos.....	130

Cuadro No. 27 Datos Ingresados en la Prueba del Modelo con los tiempos actuales	131
Cuadro No. 28 Costos Implementación Propuesta Reducción de Demoras	133
Cuadro No. 29 Clasificación de los tipos de mantenimiento según la mesa de trabajo donde presentan el tiempo de proceso menor	134
Cuadro No. 30 Secuencia de las áreas recorridas por los tipos de mantenimiento según su clasificación por Mesa	135
Cuadro No. 31 Distancia en metros entre las mesas de trabajo y las áreas de Almacenamiento	135
Cuadro No. 32 Costos Implementación Propuesta Redistribución del Flujo de Proceso.	140
Cuadro No. 33 Comparación Propuestas de Mejora de la Capacidad del Taller Eléctrico COOPELESCA R.L.....	141
Cuadro No. 34 Plan de Implementación del Modelo de Cálculo de Capacidad.....	143
Cuadro No. 35 Plan de Implementación para la Propuesta Reducción de Demoras	144
Cuadro No. 36 Plan de Implementación para la propuesta de Redistribución del Flujo de Proceso de Mantenimiento en Transformadores	146
Cuadro No. 37 Flujo de Mantenimiento de Equipos en el Taller Eléctrico.....	158
Cuadro No. 38 Fotografías de Pruebas, Operaciones y otros	159
Cuadro No. 39 Número recomendado de Ciclos de Observación	169
Cuadro No. 40 Traducción de Ideas en Requerimientos.....	213
Cuadro No. 41 Identificación de Cómo y Cuánto cumplir los requerimientos	214
Cuadro No. 42 Cantidad de muestra recomendada para los tiempos de la Hoja de Registro Digital.....	217
Cuadro No. 43 Aplicación de Suplementos para los tiempos de la hoja de registro Digital	218

RESUMEN

González, Beatriz. Noviembre, 2016. Mejora del proceso de mantenimiento de transformadores mediante el diseño de un Modelo de Cálculo de la Capacidad para el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ing. Erick Pérez Murillo M.Eng., MAE.

Este proyecto se desarrolló en el Taller Eléctrico de la Cooperativa COOPELESCA R.L con sede en Ciudad Quesada, San Carlos. El mismo consistió en el diseño de un modelo de cálculo de capacidad debido a que no se contaba con información sobre la capacidad del taller para realizar los mantenimientos de los equipos de la red eléctrica. El alcance del proyecto encierra únicamente el estudio de los mantenimientos en uno de estos equipos: Transformadores, esto porque representa el 75,2% del flujo de trabajo en el taller.

En el análisis de la situación actual, se determinan los tiempos de los procesos actuales de mantenimiento en transformadores, resultando en un total de 81 posibles combinaciones para los tipos de mantenimiento en transformadores. Además se realiza un muestreo de trabajo con el que se obtiene un resultado de improductividad del 29% durante la jornada laboral.

Se diseña un modelo de cálculo de la capacidad para el taller eléctrico separando los tiempos individuales y de grupo para los tipos de mantenimiento. El modelo genera resultados sobre la utilización de la capacidad operativa y del horno, y ofrece un reporte final de resultados para su entrega a la Jefatura del Departamento correspondiente.

Se plantean dos propuestas de mejora de la capacidad. Una consiste en la reducción de tiempos de demoras durante los procesos de mantenimiento para lo cual se propone un diseño del puesto de trabajo y el registro digital de los resultados de las pruebas. La segunda propuesta conlleva el diseño del puesto de trabajo y una nueva redistribución del flujo de los procesos.

Para la evaluación de las propuestas se prueba un escenario con los tiempos actuales determinados y se obtiene un tiempo operativo total de 88,39 horas, aplicando los cambios con la primera propuesta se obtiene una reducción de 1,67

horas, y con la segunda propuesta 0,55 horas. Se concluye que la Propuesta No.1 representa la mejora mayor de la capacidad operativa del taller eléctrico, sin embargo es la que requiere mayor inversión, por lo que se recomienda iniciar a corto plazo con la implementación de los cambios propuestos en el rediseño de las áreas de trabajo y de la redistribución del flujo de procesos, y a largo plazo valorar la utilización del registro digital de la hoja de resultados de los mantenimientos.

Palabras Clave: Capacidad, Estudio de Tiempos, Análisis de Recorridos, Muestreo de Trabajo.

ABSTRACT

González, Beatriz. Noviembre, 2016. Mejora del proceso de mantenimiento de transformadores mediante el diseño de un Modelo de Cálculo de la Capacidad para el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ing. Erick Pérez Murillo M.Eng., MAE.

This project was developed in the electric garage of COOPELESCA R. L, in Ciudad Quesada, San Carlos. It consisted in the design of a model to calculate the garage capacity since the maintenance work to the electricity distribution system's equipment was unknown. The project's scope involves only the study of transformers because these represented the 75.2% of workflow in the garage.

The times of the maintenance processes were calculated in the present situation analysis, resulting in a total of 81 possible combinations for the types of maintenance in transformers. Besides, the productive and unproductive activities sampling results in 29% of the workday dedicated to unproductive activities.

The design of the model separates the individual and the group time for each type of transformers maintenance. The model generates the using of the operating and non-operating capacity and provides a final report. Two alternatives were proposed to improve the operational capacity. One of these consisted on reducing delays during times of maintenance processes through a workplace design and a digital record of test results. The second alternative involved the design of the workplace and process flow redistribution.

For the alternatives evaluation, a scenario was tested with the times found in the present situation analysis and it resulted in a total of 88,39 operative hours, applying the changes to the first proposal a 1.67 hours reduction was obtained, and the second proposal showed a 0.55 hours reduction. In conclusion, the first alternative represented the major improvement of operational capacity; however, it requires the major investment, so it is recommended to start with the implementation of the second alternative in the short-term period and in a long-term assess the use of digital record of maintenance results.

Key Words: Capacity, Times Study, Route Analysis, Work Sampling.

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la empresa

Para introducir el estudio realizado, se describirá los aspectos generales de la empresa COOPELESCA R.L según la información brindada por los departamentos de Planificación y Desarrollo, de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica y su sitio web oficial.

Por otra parte, en este capítulo se incluye la justificación, los objetivos, el alcance y las limitaciones del estudio.

1. Visión, misión, valores y políticas

Visión

En cuanto a la visión de COOPELESCA R.L., se presenta a continuación: “Nos vemos como una empresa cooperativa líder, sólida e innovadora en los servicios de electricidad e infocomunicaciones para alcanzar el bienestar del asociado”.

Misión

Respecto de su misión, se considera una “empresa cooperativa que brinda servicios de excelente calidad en electricidad e infocomunicaciones, para contribuir al desarrollo integral del asociado”.

Valores

COOPELESCA R.L trabaja de acuerdo con los siguientes cinco valores:

- ✓ Solidaridad
- ✓ Compromiso
- ✓ Honradez
- ✓ Lealtad
- ✓ Servicio

Política ambiental

COOPELESCA R.L expresa su compromiso de evitar, mitigar y compensar sistemáticamente los impactos ambientales negativos y de optimizar los impactos ambientales positivos, derivados de sus proyectos económicos y sociales.

2. Antecedentes históricos

COOPELESCA R.L fue fundada el 24 de enero de 1965. En su inicio contó con la participación de 365 asociados y fue hasta cuatro años después, en 1969, que comenzó su servicio de distribución de energía eléctrica.

En la década de los 80 asumió la totalidad del alumbrado público administrado por las municipalidades de los diferentes cantones en los que ofrece sus servicios. Además, tomó un medio de comunicación televisivo: TV Norte Canales 14-16.

Luego, en los 90, incursiona en el sector de generación eléctrica en conjunto con Coneléctricas:

1997: Central Hidroeléctrica San Lorenzo con Coneléctricas (45% propiedad de COOPELESCA R.L).

1999 y 2003: Centrales Hidroeléctricas Chocosuela I, II y III (100% propiedad de COOPELESCA R.L).

En el 2007 ingresó a dos nuevas áreas: los servicios de tv cable e internet de RACSA, vía COOPELESCA R.L, y el almacén de materiales eléctricos y electrodomésticos.

En el año 2008 inició la venta de seguros a sus asociados, específicamente el seguro popular de Incendio.

En el 2009 entraron en operación nuevas centrales hidroeléctricas en común con Coneléctricas: Pocosol-Agua Gata. También en este año se finaliza la primera etapa del proyecto de reforzamiento de capacidad, calidad y confiabilidad en la Línea 69kV que abarcó desde San Isidro de Peñas Blancas a Muelle de San Carlos.

En el 2010 comenzó la segunda etapa de la Línea 69kV que partió desde Muelle de San Carlos hasta Cubujuquí en Horquetas de Sarapiquí. Además, se inicia plan piloto del proyecto Seguridad Ciudadana, el cual ofrece a la Fuerza Pública

respaldo técnico y de interconexión de COOPELESCA R.L con su sistema de infocomunicaciones.

En el 2011 empezó la construcción de la central hidroeléctrica Cubujuquí.

En el 2012 se concluyó la segunda etapa del Proyecto 69kV y se inauguró el segundo almacén de materiales eléctricos y electrodomésticos en La Fortuna de San Carlos.

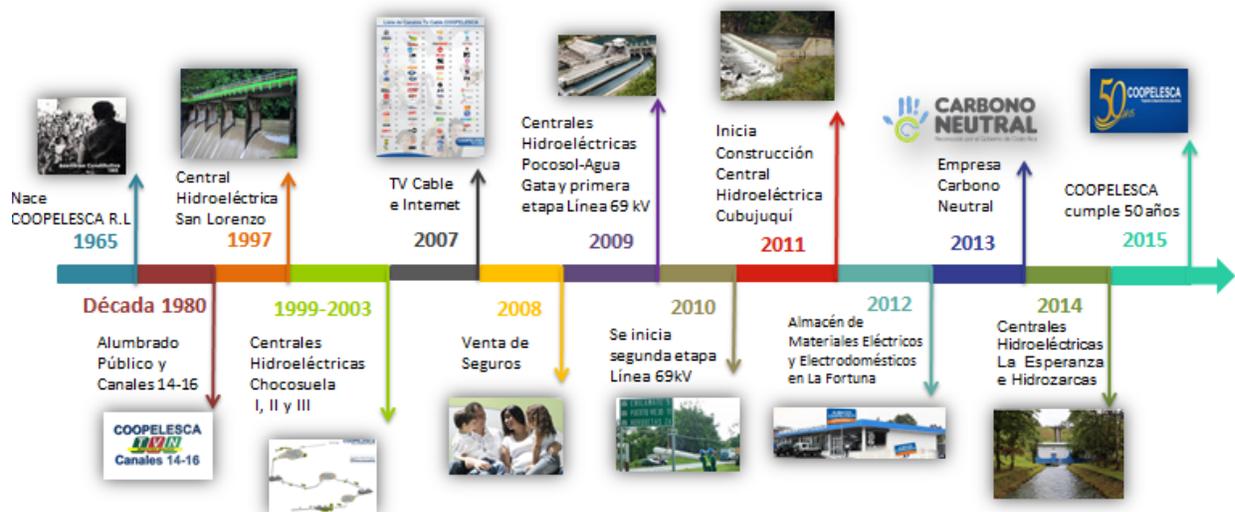
Posteriormente, en el 2013 alcanzó el 100% de la cobertura eléctrica y se certificó como empresa carbono neutral.

En el 2014 adquirió las centrales hidroeléctricas La Esperanza e Hidrozarcas.

En el 2015 cumplió 50 años de trabajar para la zona norte.

A continuación, en la figura N°.1 se resume los antecedentes históricos de la empresa COOPELESCA R.L:

La Figura No.1 resume los antecedentes históricos de la empresa COOPELESCA.



Fuente: Elaboración Estudiante

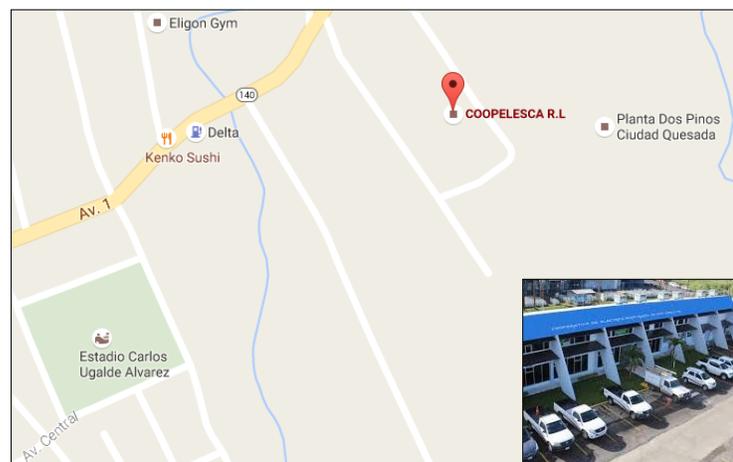
Figura No. 1 Antecedentes de COOPELESCA R.L

3. Ubicación

La Cooperativa COOPELESCA R.L cuenta con cuatro oficinas de atención al asociado:

- ✓ Oficinas centrales: Edificio Urbano, son las oficinas principales de COOPELESCA R.L, ubicadas 400 metros norte y 100 oeste de la esquina noreste del Parque Central de Ciudad Quesada. En este edificio se ubica la Gerencia General.
- ✓ Oficina Puerto Viejo de Sarapiquí: frente al Banco de Costa Rica, en Puerto Viejo centro.
- ✓ Oficina de La Fortuna, San Carlos: 100 metros este del parque, frente a Musmanni.
- ✓ Oficina Pital, San Carlos: detrás de la Iglesia Católica, en Pital centro, 50 metros sur.

Además, cuenta con oficinas de operación ubicadas en Santa Fe en Ciudad Quesada, 125 metros al este de la esquina noreste del parque de Ciudad Quesada contiguo a las instalaciones de la cooperativa Dos Pinos, locación en donde se realiza el estudio, cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura No.2:



Fuente: Google Maps

Figura No. 2 Ubicación oficinas de operación COOPELESCA R.L

4. Estructura Organizativa

COOPELESCA R.L divide su estructura jerárquica en dos secciones: una asociativa y otra administrativa: esta última abarca hasta el orden de subgerencias por lo que en el organigrama de la Figura No. 3 se presentan, para una mayor comprensión, los niveles de la Subgerencia de Distribución de Electricidad a la cual pertenece el Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica para el cual se elabora el proyecto.

El estudio se desarrolla específicamente en las divisiones resaltadas en la figura mencionada. El área del taller eléctrico es parte del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica, sin embargo, no corresponde a una denominación de unidad, sino a un equipo de trabajo.

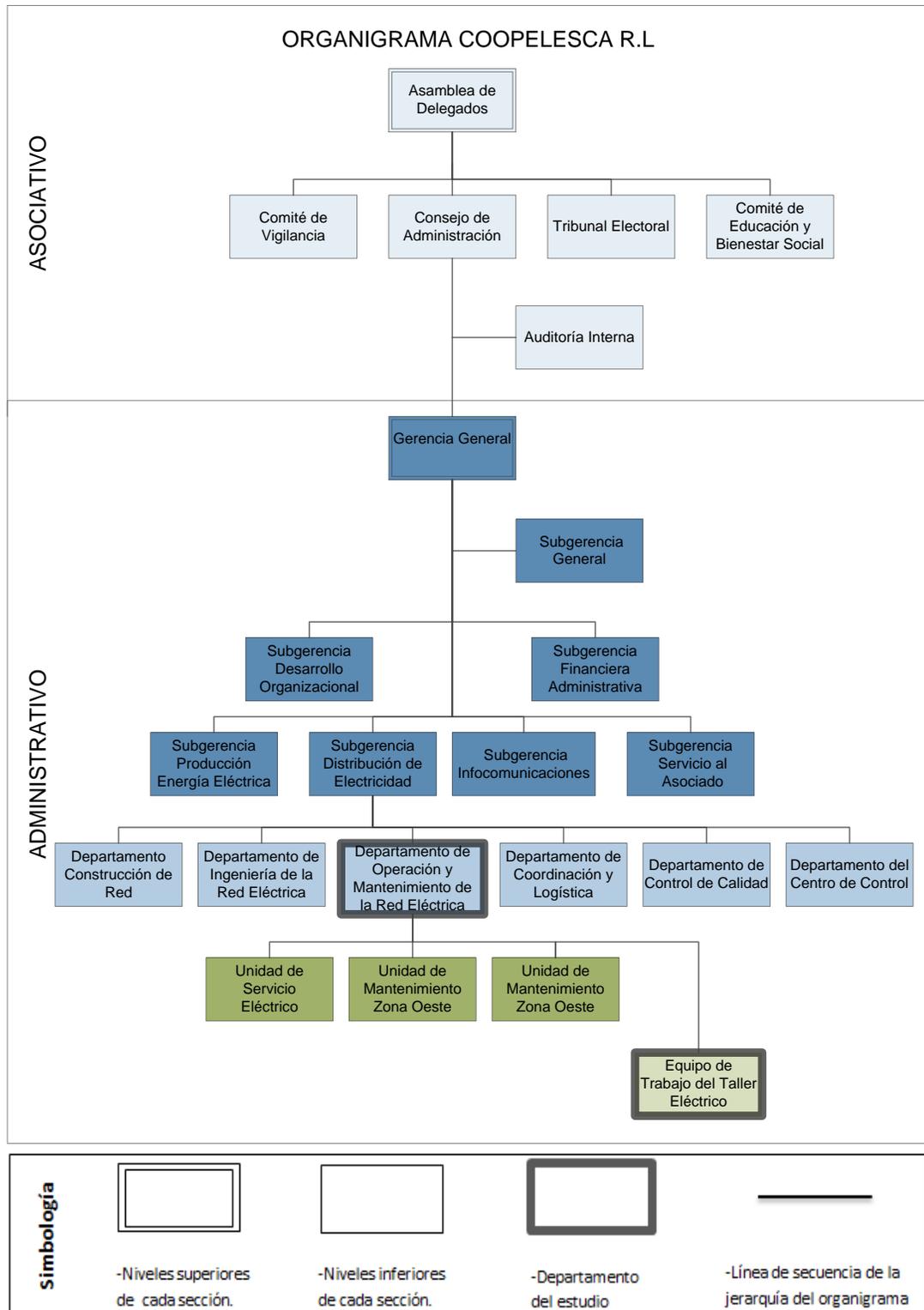
A continuación, se describirá brevemente las funciones de cada sección del organigrama tomado desde el sitio web oficial de la empresa.

Nivel asociativo

El nivel superior de la cooperativa está formado por la Asamblea de Delegados, que se reúne de manera ordinaria y extraordinaria para dictar las normas generales por seguir y los nombres de los miembros a los cuerpos directivos, integrados por el Consejo de Administración, el Comité de Educación y Bienestar Social, el Comité de Vigilancia y el Tribunal Electoral. De igual manera, a este nivel pertenece la Auditoría Interna, órgano asesor del Consejo de Administración, nombrada por este mismo cuerpo directivo.

Nivel corporativo

El gerente general es nombrado por el Consejo de Administración. Para cumplir con sus responsabilidades forma un equipo gerencial, integrado por subgerentes, cuyas funciones se describe a continuación:

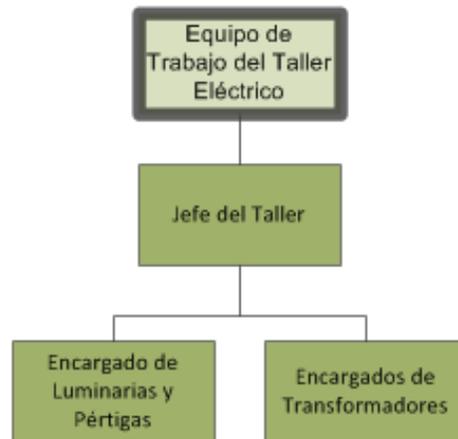


Fuente: Sitio web Oficial de COOPELESCA R.L e Ing. Diego Rojas, Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento.

Figura No. 3 Organigrama COOPELESCA R.L

Para detallar la estructura organizativa del Taller eléctrico se presenta la siguiente figura como continuación del organigrama anterior.

Continuación Figura No.3:



Fuente: Elaboración Estudiante

- ✓ *Subgerencia General:* Su función es apoyar y dar el debido seguimiento a las actividades propias de la Gerencia General, además de colaborar con su superior en la formulación y definición de las políticas, así como en la planificación, dirección y coordinación del funcionamiento general de la empresa.
- ✓ *Subgerencia Desarrollo Organizacional:* Se encarga de lo relacionado con el desarrollo corporativo, básicamente en materia del recurso humano, capacitación, salud ocupacional, comunicación, TVN Canal 14, planificación estratégica, operativa y presupuestaria, desarrollo tecnológico, gestión ambiental y social, organización, gestión y promoción de las asambleas regionales, preasambleas y asamblea anual.
- ✓ *Subgerencia Financiera Administrativa:* Le corresponde la ejecución de labores propias del área financiera, así como de administrar el presupuesto corporativo, y velar porque se brinde adecuadamente los servicios de contabilidad, tesorería, proveeduría y servicios generales. También está a cargo de ejecutar las labores de asesoría y atención de consultas.

- ✓ Subgerencia de Producción de Energía Eléctrica: A cargo de la planificación, administración, dirección y control del negocio de producción de energía eléctrica y el mantenimiento y operación de las plantas generadoras de electricidad.
- ✓ Subgerencia de Distribución de Electricidad: Responsable de la operación, mantenimiento y planificación de las redes de distribución con el objetivo de garantizar a los asociados actuales y futuros la disponibilidad, calidad y continuidad de la energía eléctrica.
- ✓ Subgerencia de Infocomunicaciones: Le corresponde el mantenimiento y operación de la infraestructura externa y de la integración para el aprovisionamiento de datos, imagen y voz propios del negocio de las comunicaciones, para procurar una continuidad en la transmisión de la señal en televisión, internet y demás servicios ofrecidos.
- ✓ Subgerencia de Servicio al Asociado: Su función es brindar el servicio de venta, atención y gestión de solicitudes de asociados, recaudo, así como la facturación, verificación de cuentas y cobro de los servicios y productos de los negocios de energía eléctrica, infocomunicaciones y redes. Además, vela por la comercialización de los productos y servicios de energía eléctrica, alumbrado público, seguros, y del almacén de materiales eléctricos y electrodomésticos.

5. Número de Colaboradores

COOPELESCA R.L posee un total de 624 trabajadores que, de acuerdo con las funciones que realizan, se dividen en cinco categorías más específicas, descritas en el Cuadro. 1:

Cuadro No. 1 División y Funciones de los trabajadores de COOPELESCA R.L

Categorías	Función principal	Características
Trabajadores de Alta Gerencia	Le corresponde la toma de decisiones y definición de las políticas, así como en la planificación, dirección y coordinación del funcionamiento general de la Cooperativa.	Conformada por un Gerente General, un Subgerente general y un equipo gerencial de 6 Subgerentes, quienes son profesionales en áreas de la administración con grados de licenciatura y maestría.
Trabajadores de Mandos Medios (Jefaturas y Coordinaciones, Encargados)	Les compete planificar, coordinar, dirigir y controlar las acciones necesarias para cumplir con los lineamientos estratégicos planteados en la Cooperativa.	Conformada por 31 jefaturas y 27 coordinadores, un 95% son profesionales, con grados académicos de técnico medio, bachillerato, licenciatura y maestría.
Trabajadores Técnicos – Profesionales de oficina/ Asistentes /Profesionales/ Encargados	Les corresponde ejecutar labores técnicas de apoyo a los departamentos y unidades operativas requeridas por el puesto.	Conformada por técnicos y profesionales en áreas como: administración, electricidad e Infocomunicaciones y tecnologías de información.
Trabajadores Técnicos– Administrativos	Trabajadores responsables de ejecutar labores administrativas de apoyo a los departamentos y unidades operativas.	Conformada en su mayoría por técnicos y profesionales en administración, electricidad e Infocomunicaciones.
Trabajadores Técnico-Campo	Les corresponde labores de construcción, mantenimiento y seguimiento de las estructuras con las que cuenta la Cooperativa para brindar el servicio.	Cuentan con niveles académicos desde primaria completa hasta técnicos en áreas como electricidad, construcción o algún tipo de mantenimiento específico.

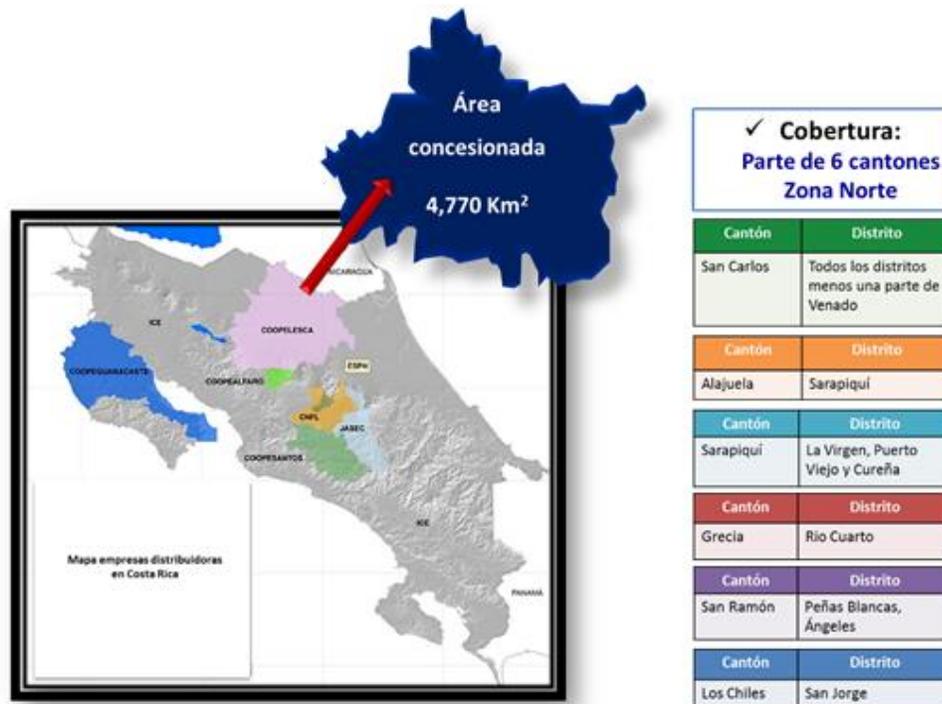
Fuente: COOPELESCA R.L

El Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica cuenta con sesenta y siete trabajadores, de los cuales cuatro corresponden al área del Taller Eléctrico donde se desarrolla el proyecto.

6. Mercado

El mercado de COOPELESCA corresponde a las regiones donde se ofrecen los servicios mencionados anteriormente. La Cooperativa cuenta con un área de concesión de 4770 Km², que abarca distritos de los cantones de: San Carlos, Sarapiquí, Grecia, Alajuela, Los Chiles y San Ramón.

El área de concesión y los distritos se detallan en la Figura No. 4.



Fuente: COOPELESCA R.L

Figura No. 4 Área de Concesión de COOPELESCA R.L

7. Tipos de Productos y sus características

COOPELESCA ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

Electricidad: COOPELESCA R.L posee 100% de cobertura eléctrica en su zona en concesión, la cual se caracteriza por ser una de las más rurales del país, con comunidades fronterizas de bajo índice de desarrollo social, algunos con vías de comunicación poco accesibles que dificultan las condiciones para la prestación del servicio. Al respecto, se busca opciones para atraer recursos económicos y colaboración por medio de alianzas estratégicas con las municipalidades y el gobierno central para electrificar estos sectores. Para abastecer su demanda eléctrica y como parte de su estrategia de generar más del 100% de la energía demandada, cuenta con el Complejo Hidroeléctrico Chocosuela, la Central Hidroeléctrica Cubujuquí, la Central Hidroeléctrica La Esperanza, y la Central Hidroeléctrica Aguas Zarcas y, al formar parte de CONELECTRICAS, posee un

44.68% de la producción de las plantas hidroeléctricas Sigifredo Solís y San Lorenzo, todas suman un 82% de la demanda de sus asociados. La red de distribución eléctrica está conformada por 13 circuitos, para un total de 7.243,71 km de red eléctrica.

Infocomunicaciones: El objetivo de este servicio es aportar a la disminución de la brecha digital en la Zona Norte, mediante la prestación del servicio de internet, así como tv cable y otros servicios convergentes. Actualmente, brinda un 52.8% de cobertura en la zona de concesión, de acuerdo con la cantidad de servicios de electricidad instalados, por lo que 44 844 familias de la región tienen acceso a tales servicios, los cuales brinda –de manera gratuita- a instituciones educativas y de bien social. .

Venta de materiales eléctricos y electrodomésticos: Este servicio nace como una iniciativa de la Asamblea General de Delegados de brindar a los asociados mayores facilidades para cambiar aquellas instalaciones eléctricas en mal estado que ya hayan cumplido su vida útil, de la mano con la venta de electrodomésticos de eficiencia energética, por medio de tarifas bajas y facilidades de financiamiento, como crédito con base en el aporte de capital del asociado. En relación con lo anterior, los almacenes en Ciudad Quesada, La Fortuna de San Carlos, Puerto Viejo de Sarapiquí y Santa Rosa de Pocosal, se han convertido en reguladores de precios del mercado.

TVN Canales 14 y 16: es uno de los principales medios de televisión de la región, cuya cobertura es de aproximadamente 8000 kilómetros cuadrados. Sus ejes principales son formación-información-entretenimiento y es el medio de comunicación principal entre la cooperativa y sus asociados, a quienes transmite noticias locales de carácter cultural e informativo, entre otras.

Seguros: Mediante un convenio con el Instituto Nacional de Seguros (INS), COOPELESCA R.L ofrece a sus asociados el servicio de seguros. Al realizar un contrato de seguro, se obtiene protección económica de bienes o personas que pudiesen sufrir daño en un futuro.

La Figura No. 5 resume los servicios ofrecidos por COOPELESCA.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 5 Servicios de COOPELESCA R.L

En relación con el área del taller eléctrico, se distinguen tres productos principales a los cuales se les brinda mantenimiento, descritos a continuación:

Transformadores: Este dispositivo sirve para elevar o reducir voltajes o corrientes en los circuitos de corriente alterna, así como para aislar circuitos entre sí y modificar (disminuyendo o aumentando) valores de capacitores, inductores o resistores en circuitos eléctricos, (Enríquez, 2004), lo cual permite distribuir energía eléctrica a los hogares y fábricas en forma segura.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 6 Transformador convencional de 5 KVA

Pértiga Telescópica: Es una barra de material aislante que se utiliza para la instalación, cambio, desconexión o conexión de sistemas de alimentación y a la vez como herramienta útil para trabajar con algún dispositivo desde el suelo hacia los postes (Manuales de Procedimientos para Pértiga Telescópica de COOPELESCA R.L).



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 7 Pértiga Telescópica desarmada

Luminaria: conjunto completo de carcasa, componentes eléctricos internos, plafón de cerámica donde se rosca la lámpara u soporte donde se encuentran los LED. (Manuales de Procedimientos para Luminarias de COOPELESCA R.L).

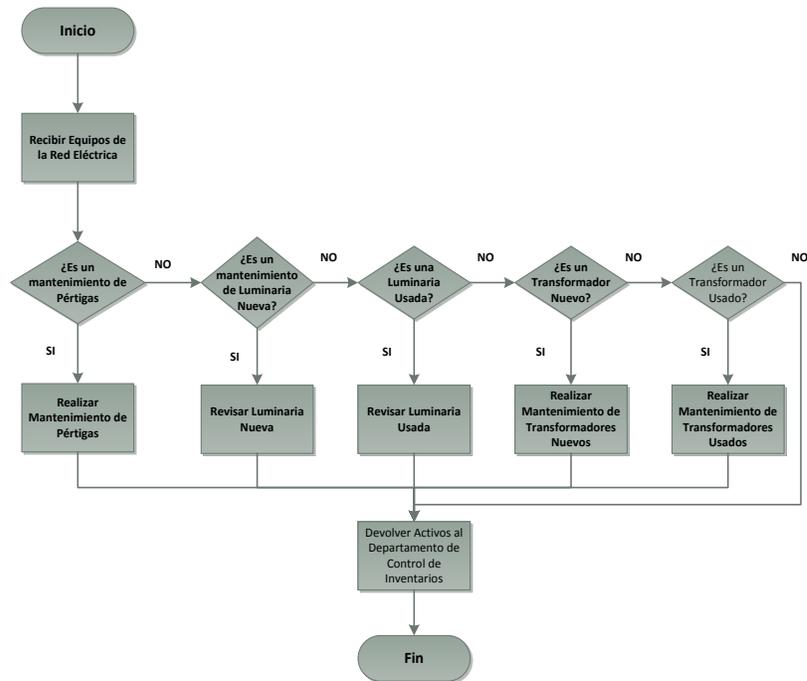


Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 8 Luminaria Tipo LED

8. Descripción general del proceso productivo

El proceso general que se realiza en el Taller Eléctrico de COOPELESCA se describe en el diagrama de la Figura No. 9.



Fuente: Intranet COOPELESCA

Figura No. 9 Diagrama General del Proceso de Mantenimiento del Taller Eléctrico

Según lo descrito en la Figura No. 9 al Taller Eléctrico ingresan pértigas telescópicas, luminarias nuevas o usadas, y Transformadores nuevos o usados. Por tanto, el primer paso del proceso del Taller es reconocer que clase de equipo se está recibiendo porque de ello depende el mantenimiento que requiere.

Las pértigas provienen de los trabajos de campo de las cuadrillas del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica y son herramientas de trabajo que requieren mantenimiento correctivo debido al uso por parte de las cuadrillas. Las operaciones que se les realiza corresponden a limpieza, búsqueda de fallas como las condiciones del barniz que permite su deslizamiento, los botones que aseguran cada sección de la pértiga, los resortes y otros.

Por otra parte, las luminarias utilizan la tecnología LED y requieren menos procedimientos que las que anteriormente instalaba la empresa. Si son nuevas se revisa su funcionamiento y se envían al Departamento de Control de Inventarios para su futura instalación en el alumbrado público, y si corresponde a luminarias usadas se revisa su funcionamiento también y se anota en una boleta su estado, ya sea buena, mala o garantía, y por último se envían también al Departamento mencionado. Tanto las pértigas como las luminarias son equipos que se encuentran a cargo de un único operario en el Taller.

Por último, se reciben principalmente trabajos de Transformadores, los cuales pueden ser nuevos o usados. Los nuevos requieren únicamente la aplicación de la Prueba de Relación de Transformación y las Pruebas Eléctricas. Sin embargo, si es un transformador usado requiere una operación de lavado al inicio del proceso, y seguidamente se le realiza la prueba de Relación de Transformación, si su resultado es correcto pasa a las Pruebas Eléctricas y a la de Aislamiento, de ésta última depende el que requiera o no ingresar al horno.

Luego, por medio de inspección visual se determina si requiere cambio de pintura: de ser así se enviarán a recibir dicho trabajo en otra locación externa al taller. El aceite se revisa tanto visual como en un equipo especial para la revisión del aceite, así se detecta si requiere o no cambio de aceite para lo cual recibiría otros procedimientos. Si la prueba inicial de Relación de Transformación falla el transformador se califica como “Dañado” y recibirá otro tipo de revisiones para considerarlo o no fuera de servicio. Además un transformador sospechoso de contener PCB requiere una Prueba de Detección de Cloros y una de Cromatografía (realizada en un laboratorio externo).

En resumen, los mantenimientos de los transformadores conllevan la realización de diferentes pruebas, revisiones o reparaciones según las condiciones en la que se encuentre éste. De la misma manera, la ejecución de algunas pruebas está delimitada por los resultados obtenidos en las pruebas que las anteceden.

En secciones siguientes se describe con mayor detalle los procesos de mantenimiento de los Transformadores.

B. Justificación del estudio

El Taller Eléctrico de la cooperativa COOPELESCA R.L se encarga de realizar el mantenimiento de los transformadores utilizados en el servicio de distribución de electricidad en la zona de concesión. También recibe trabajos de mantenimiento de las luminarias utilizadas en el alumbrado público y de las pértigas telescópicas, que son herramientas de trabajo de las cuadrillas. Recientemente el taller pasó a formar parte del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica. La jefatura de este departamento desconoce la capacidad que posee el Taller y anteriormente no se han realizado estudios de este tipo. Debido a la ausencia de información respecto de dicha capacidad, la toma de decisiones es insegura en cuanto a qué acciones seguir para mejorarla.

Es importante el uso adecuado de la capacidad en el taller para poder dar respuesta pronta a la bodega de inventarios cuando requiere transformadores terminados para colocar en la red eléctrica y con ello permitir un mejor flujo de trabajo de transformadores en pro de disminuir la acumulación de mantenimientos en espera. Por lo anterior, la Jefatura del departamento en cuestión y los colaboradores del taller presentan disposición e interés en que se realice un estudio de ésta situación.

Considerando lo anterior, se desarrolla este estudio para determinar la capacidad del taller eléctrico de COOPELESCA R.L, a partir de los tiempos de proceso, la cantidad de recursos, la demanda de mantenimientos en un periodo y otros para ofrecer alternativas para el mejoramiento de la capacidad actual.

C. Objetivos del Estudio

Objetivo General:

- ✓ Mejorar el proceso de mantenimiento de transformadores del Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L por medio de un modelo que permita la determinación de la capacidad actual para la evaluación de propuestas de solución a los resultados obtenidos.

Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar las necesidades de las partes interesadas en el estudio para la identificación de los requerimientos del modelo.
- ✓ Analizar la situación actual de los procesos actuales de mantenimiento de transformadores mediante el estudio de tiempos, recorridos y flujo de trabajos de los primeros seis meses del año 2016 para la determinación de las variables del modelo.
- ✓ Realizar un muestreo de trabajo para la identificación del porcentaje del tiempo productivo y no productivo en la jornada diaria de los colaboradores del Taller Eléctrico.
- ✓ Diseñar el modelo de cálculo de la capacidad del Taller Eléctrico para la entrega de un medio que ofrezca información sobre la misma al Taller y al Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica.
- ✓ Desarrollar propuestas de mejora en los procesos de mantenimiento de transformadores para la incrementación de la capacidad del taller.
- ✓ Medir el impacto de la reducción del tiempo de proceso en transformadores de las propuestas elaboradas para la identificación de la mejora con éstas.
- ✓ Evaluar el costo y etapas de la realización de las propuestas para el desarrollo de los planes de implementación de éstas.

D. Alcance y Limitaciones

Alcance

El estudio permite al Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica de COOPELESCA R.L conocer cuáles son los aspectos que condicionan la capacidad actual del taller eléctrico, información que mejorará la toma de decisiones sobre los cambios para aumentar dicha capacidad y brindar a la bodega de inventarios una mejor respuesta de trabajos terminados.

El proyecto estudia únicamente el proceso de mantenimiento de los transformadores. Esto debido a que es el equipo que presenta el mayor flujo en el Taller, según los registros del período enero-julio 2016 (Ver Apéndice 1) el flujo de los transformadores obtuvo un 75,2% en comparación con las luminarias (18,2%) y las Pértigas (6%), por tanto son los que demandan mayor atención en el Taller Eléctrico. No obstante, el modelo permite ingresar en un momento futuro los datos correspondientes al proceso de mantenimiento de pértigas telescópicas y las luminarias.

En este caso, el estudio se inicia desde que el transformador entra a recibir el mantenimiento en el Taller y finaliza cuando éste es colocado en el área de entrega a Bodega.

Los tiempos de los procesos de mantenimiento corresponden al seguimiento que se le da al transformador a través del proceso y no al operario.

Aunque el proceso de mantenimiento de transformadores está a cargo de dos de los cuatro colaboradores el muestreo de trabajo, en realidad los involucra a todos, con el fin de determinar los tiempos no productivos de otros colaboradores y considerar esa información para la propuesta de alternativas de solución.

El estudio de los datos históricos considera los primeros seis meses del año 2016 de mantenimientos realizados a transformadores.

Limitaciones

Una limitación del proyecto es la cantidad de muestra obtenida para el estudio de tiempos de los procesos de mantenimiento en el Taller Eléctrico, debido a que algunos procesos no se presentan con frecuencia y, por ende, durante el periodo dedicado a la toma de tiempos se obtiene un número reducido de muestra. Por otra parte, al calcular la cantidad de ciclos por cronometrar a cierto nivel de confianza y error, se obtiene tamaños de muestra grande que, por contar con tiempo restringido para la realización del proyecto, no será posible cumplirla en su totalidad. Además, el estudio realizado no incluye análisis de riesgos.

Terminado el capítulo introductorio se presenta a continuación el capítulo del Marco Teórico sobre el cual se sustenta el estudio.

II. MARCO TEÓRICO

En los párrafos siguientes se presenta los aspectos teóricos sobre los que se basa el estudio, la descripción de las herramientas de ingeniería utilizadas y algunos conceptos técnicos.

1. Capacidad

1.1 ¿Qué es Capacidad?

La Capacidad en términos industriales hace referencia a la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un tiempo específico, ya sea un día o turno de trabajo, semana, mes o año. Es el volumen de producción o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un período de tiempo específico (Render y Heizer, 2009).

La capacidad está determinada por los recursos que posea el sistema para realizar las operaciones del proceso, tales como el tamaño de las instalaciones, el equipo utilizado, y la mano de obra.

Un aspecto que determina la capacidad son los cuellos de botella del proceso. Según Casas (2005) los cuellos de botella se refieren a *“diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad (...), se presentan tanto en el personal como en la maquinaria”*. Es decir, un cuello de botella marca el ritmo al cual produce el sistema. Por ejemplo, si un sistema posee una máquina que produce un máximo de 100.000 artículos al año, y cuya operación es el cuello de botella entonces su capacidad serán esos 100.000 artículos porque con estas condiciones no podría generar más producción al año.

Una manera de medir la capacidad es con el índice de utilización de la capacidad. Este se expresa como un porcentaje y la Fórmula No. 1 indica cómo se calcula:

$$\text{Índice de utilización de la Capacidad} = \frac{\text{Capacidad efectiva}}{\text{Capacidad de diseño}} \quad \text{Fórmula No.1}$$

Según Render y Heizer (2009) la capacidad efectiva o capacidad utilizada es *“la capacidad que una empresa espera alcanzar dadas las restricciones operativas*

actuales” y la capacidad de diseño es la “Producción teórica máxima de un sistema en un período dado bajo condiciones ideales”.

Tanto la Capacidad efectiva como la Capacidad de diseño deben estar expresadas en las mismas unidades, por ejemplo envases/día. Este índice indica el porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se alcanza.

1.2 ¿Cómo determinar Capacidad?

Para lograr determinar la capacidad de un sistema es necesario conocer lo que la maquinaria del proceso, la fuerza de mano de obra y las instalaciones son capaces de generar, producir o almacenar en un tiempo específico.

El conocimiento de esta información es base para la programación de la capacidad, concepto que se refiere a la administración de los recursos mencionados para lograr abastecer la demanda. En relación con lo anterior, conocer la capacidad de un sistema permite decidir si los recursos que se poseen son suficientes para lograr la cantidad de producción que se requiere, o si de lo contrario se deben tomar medidas para mejorar en la disposición de estos.

2. Herramientas

Según el apartado anterior, determinar la capacidad implica conocer la capacidad de producción de los recursos del sistema, por lo que se requiere el uso de herramientas para recopilar esta información expresada en los tiempos de proceso del producto, de modo que permita calcular cuántos productos podrían elaborarse en un tiempo específico.

A continuación se presentan las herramientas sobre las que se apoya el estudio.

2.1 Cursograma Analítico de Proceso

Este tipo de diagrama describe con mayor detalle el proceso. La hoja del Cursograma Analítico de Proceso es una herramienta de recolección de datos a partir de la que se describen los pasos del proceso, la distancia recorrida en los pasos de transporte del proceso, los tiempos de dichos pasos del proceso y el

identificar cada paso con su respectivo símbolo. Se puede aplicar al estudio de lo que hace el operario, de lo que se le realiza al material o de cómo se utiliza el equipo.

Según Harbour (1995) se identifican seis pasos básicos en un proceso para este tipo de diagrama, estos se presentan en el Cuadro No. 2 con su respectivo símbolo:

Cuadro No. 2 Pasos y Símbolos de un Proceso

Paso	Símbolo	Descripción
Operación		Cualquier paso que agrega valor al proceso.
Transporte		Cualquier acción que desplaza información, u objetos, incluso personas.
Demora (No programada)		Retraso no programado de materiales, partes o productos. Cualquier tiempo de espera de personas.
Inspección		Inspecciones de calidad, cantidad, revisiones y autorizaciones.
Almacenaje		Retraso programado de materiales, partes o productos.
Retrabajo		Cualquier paso innecesario y repetido de operación.

Fuente: Harbour, 1995

Cruelles (2013) menciona además los siguientes pasos mostrados en el Cuadro No. 3.

Cuadro No. 3 Otros pasos y símbolos de un Proceso

Paso	Símbolo	Descripción
Inspección-Operación		Se realiza la inspección mientras el producto está siendo transformado
Búsqueda	B	Operario tiene que buscar materiales, herramientas, información

Fuente: Cruelles, 2013

A partir de las herramientas se observa cuáles pasos son necesarios para el proceso y cuáles deben de minimizarse o eliminarse para reducir el tiempo de proceso del producto o tiempo de ciclo. En la Figura No. 10 se presenta una hoja de un cursograma analítico de proceso.

Metodo		Actual	Propuesto	
Tipo		Operario	Material	
DIAGRAMA Nº	HOJA Nº	RESUMEN		
OBJETIVO	LLEVAR AL ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS	ACTIVIDAD	ACTUAL	
		Operación	2	
		Transporte	2	
		Operac Insp	0	
ACTIVIDAD	LLENAR CAJAS DE ENVASES CON SUS RESPECTIVAS 12 BOTELLAS	Inspeccion	1	
		Demora	1	
		Almacen	2	
METODO		Distancia (mts)	10	
LUGAR	TODA LA EMPRESA	Tiempo (min)		
ELABORADO POR		COSTOS		
		MANO OBRA		
		MATERIA PRIMA		
		OTROS COSTOS		
		TOTAL CAPITAL		
DESCRIPCION	DISTANCIA (mts)	TIEMPO (min)	SÍMBOLO	OBSERVACIONES
Traer cajas del almacen de mat prima			○	
llevar las cajas a maquina de envasado	2		□	
Inspeccion de Cajas			◻	
Colocacion de cajas en maq envasado			⇒	
Espera del llenado de 12 botellas			D	
Colocacion de botellas en las cajas			▽	
Llevar a almacen de Prod. Terminadas	5			Llevar las cajas hasta 10 botellas
Almacen de Prod. Terminadas				
TOTAL	7		2 1 0 2 1 2	

Figura No. 10 Ejemplo de Hoja de Cursograma Analítico de Proceso

2.2 Diagrama de Recorrido

Un complemento para el cursograma analítico de proceso es el diagrama de recorrido. Con esta herramienta se observa el recorrido que realiza un producto a través de las instalaciones o planta, identificando así donde se llevan a cabo los pasos del proceso descritos en el cursograma (Niebel y Freivalds, 2009), como lo son los transportes, las operaciones, dónde se realizan las inspecciones, los almacenamientos y otros mediante la colocación de su símbolo con su respectiva numeración. La Figura No. 11 es un ejemplo de un diagrama de recorrido.

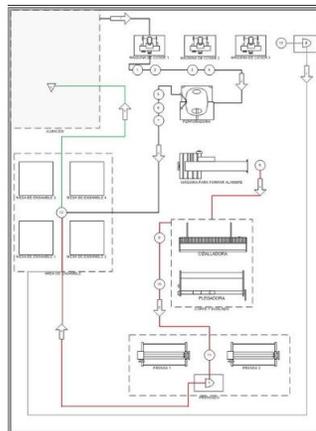


Figura No. 11 Ejemplo de Diagrama de Recorrido

2.3 Estudio de Tiempos

Según Cruelles (2013) la medición del trabajo es “la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida, según un método de ejecución establecido”.

Algunas de las técnicas utilizadas para estudiar estos tiempos son por ejemplo la estimación, que requiere de un analista experimentado, el estudio de datos históricos (se debe contar con datos recolectados a través del tiempo), las tablas de datos normalizados realizadas por la empresa, tiempos predeterminados (MTM) que contienen los tiempos para movimientos específicos realizados en la ejecución de la tarea, toma de tiempos por muestreo y cronometraje (una de las técnicas más comunes para determinar tiempos estándar de una tarea o actividad).

Cronometraje: Este método utiliza un cronómetro para registrar los tiempos de los elementos que forman la tarea o actividad por medir. Para su realización, es importante observar la tarea y dividirla previamente en elementos, es decir en las operaciones o tipos de operaciones que la componen, para lograr así diferenciar los tiempos asignables a cada tipo de operación. Los elementos están marcados por un evento que indica el inicio y uno que indica el fin.

A los tiempos cronometrados se les asignan suplementos -porcentajes de tiempo que se cargan a los tiempos tomados para cubrir lapsos de fatiga-, necesidades personales, factores ambientales y ergonómicos de las tareas y otros (Cruelles, 2013), lo cual da como resultado el tiempo estándar de la actividad.

La cantidad de ciclos a cronometrar para determinar el tiempo estándar de la tarea se puede calcular mediante el método estadístico, según se explica en Niebel y Freivalds (2009) se puede suponer que las observaciones se distribuyen normalmente respecto a una media poblacional desconocida con una varianza desconocida, de donde se desglosa la Fórmula No.2.

$$n = \left(\frac{ts}{kx} \right)^2 \quad \text{Fórmula No.2}$$

Dónde:

n= número de ciclos

t= distribución t para definir el nivel de confianza debido a que se calcula comúnmente con un número de ciclos tomados menor a 30.

x barra= media de la muestra

s= desviación estándar muestral

k=fracción aceptable de x barra, similar al error aceptable de x barra.

Existen también tablas con cantidades de ciclos de medición recomendados según la duración de los mismos.

2.4 Diseño de Puestos de Trabajo

El diseño de puestos de trabajo se enfoca en la obtención de las condiciones que logren minimizar las afectaciones por inadecuadas posturas en el área de trabajo, los tiempos que se pierden por la búsqueda u toma de herramientas, objetos u otros necesarios para la realización de la tarea, la cantidad de movimientos, así como el mejoramiento de las condiciones del ambiente de trabajo en cuanto adecuada iluminación, temperatura y otros. Niebel y Freivalds (2009) menciona que proporcionar una ubicación fija a las herramientas y materiales en la estación de trabajo elimina o disminuye las molestias por buscar o seleccionar estos objetos al momento de requerirlos para desempeñar la tarea.

2.5 Muestreo de Trabajo

Tal y como se indica en Niebel y Freivalds (2009) *“es una técnica que se utiliza para investigar proporciones del tiempo total que se dedican a las diferentes actividades que constituyen una tarea o una situación de trabajo (...) por lo general se realiza durante dos o cuatro semanas”*, o como se describe en Kanawaty (1996) *es una técnica para determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad”*.

Con frecuencia, se aplica en estudios sobre la determinación del uso de máquinas y personal.

Algunas de las ventajas de este método son (Niebel y Freivalds, 2009):

- ✓ No requiere observación continua del analista durante largos períodos.
- ✓ El analista requiere menos horas de trabajo totales
- ✓ El operario no se encuentra sujeto a largos períodos de observaciones cronometradas.
- ✓ Un solo analista puede estudiar con facilidad las operaciones de una brigada.

Para calcular el tamaño de muestra se utiliza la expresión de la Fórmula No. 3 ya simplificada:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 p \cdot q}{e^2} \quad \text{Fórmula No.3}$$

Donde (Niebel and Freivalds, 2009):

n= número total de observaciones aleatorias en las que se basa p.

p=porcentaje de ocurrencia del elemento que se observa, expresado como decimal.

q= porcentaje de ausencia del elemento, (1-p)

e= porcentaje de error.

$z_{\alpha/2}^2$ = límite aceptable del error e con un error de confianza de (1 – α) 100%.

En este caso p es el porcentaje de tiempo improductivo.

Otras fórmulas requeridas para el estudio del muestreo de trabajo:

$$\text{Recorridos diarios} = \frac{n}{\text{días de estudio} \cdot \text{cant.operarios}} \quad \text{Fórmula No. 4}$$

$$\text{Tiempo entre recorridos} = \frac{\text{minutos jornada}}{\text{recorridos diarios}} \quad \text{Fórmula No. 5}$$

2.6 Ciclo de Mejora Continua de Shewhart o Círculo de Deming PDCA

El círculo PDCA (Plan/Do/Check/Act) (por sus siglas en inglés) es una metodología de mejora continua, compuesto por cuatro etapas, planear, hacer, verificar y actuar (PHVA), las cuales se describe a continuación:

Planear: Se define objetivos o metas, estrategias, tiempos, costos, recursos necesarios y responsables.

Hacer: Se ejecuta el plan de la primera etapa. Consiste en llevar a cabo las acciones para alcanzar el objetivo propuesto.

Verificar: Tomando los datos de la etapa dos, se evalúa el resultado según los parámetros propuestos como satisfactorios.

Actuar (mejora): Se observa si los resultados fueron o no satisfactorios: si lo fueron, se toma medidas para mantenerlos, de lo contrario, se inicia el ciclo de nuevo (De la Parra, 2006).

3. Conceptos Técnicos del Estudio

Es fundamental conocer el sector en estudio al cual se aplica los conceptos y herramientas anteriores, por lo que, a continuación, se describe algunos aspectos técnicos del estudio:

3.1 ¿Qué es una cooperativa?

Una cooperativa es una asociación de personas que trabajan juntas de manera voluntaria, con el fin de satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes por medio de una empresa que les pertenece en conjunto y que se controla de forma democrática (INFOCOOP, 2016). En relación con las otras asociaciones, la diferencia reside en su carácter empresarial, enfocado en el servicio sin fines de lucro. En este caso, es COOPELESCA R.L la que, como parte de su servicio de distribución de electricidad, posee un taller eléctrico para dar mantenimiento al equipo utilizado para dar este servicio, del cual los transformadores son un claro ejemplo, por lo que se describen a continuación:

3.2 Partes de un Transformador

Este dispositivo para controlar el voltaje posee cuatro grupos principales para clasificar sus partes. A continuación se mencionan estos (Avelino, 2001):

- ✓ Circuito magnético (núcleo)
- ✓ Circuito eléctrico (devanados o bornes)

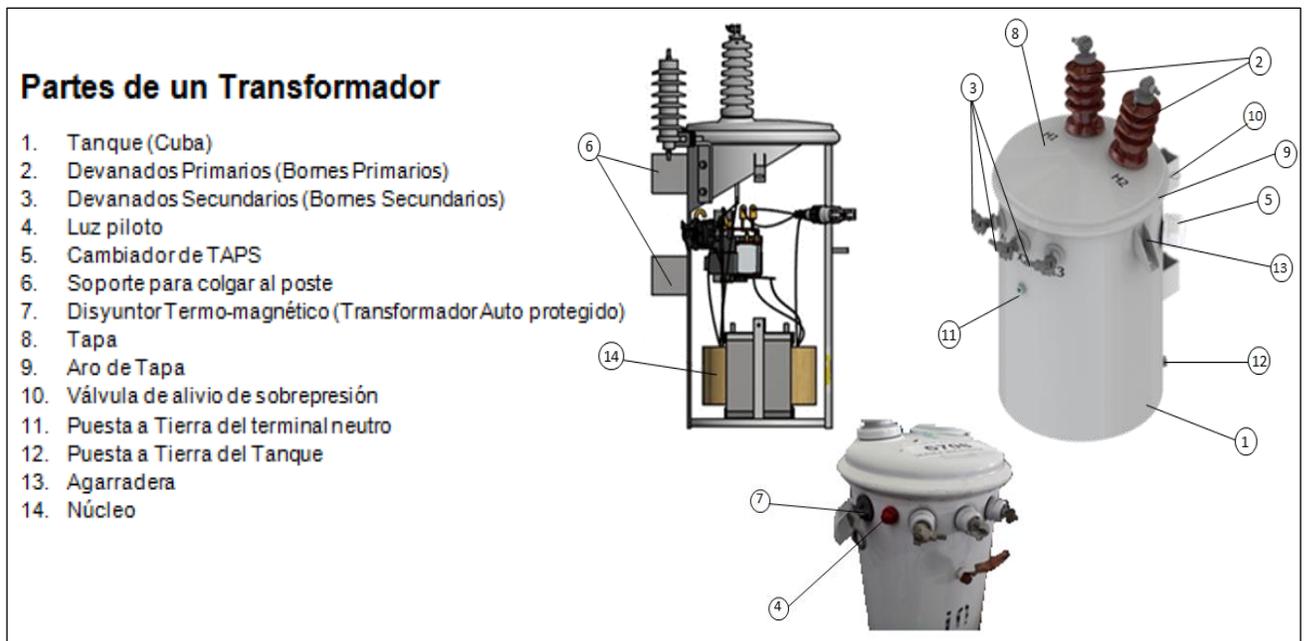
- ✓ Sistema de Aislamiento
- ✓ Tanque y accesorios

En general, de acuerdo con Avelino (2001), el circuito magnético o núcleo -formado por láminas de acero al silicio de grano orientado- sirve para conducir el flujo magnético generado. Por su parte, el circuito eléctrico está compuesto por los devanados primarios y secundarios, cuya función es crear un flujo magnético desde los primarios hasta los secundarios para inducir una fuerza electromotriz, de modo que transfiera la potencia eléctrica por el principio de inducción electromagnética.

El sistema de aislamiento se refiere a una serie de materiales aislantes (cartón prensado, papel manila y corrugado, esmaltes y barnices, fluido dieléctrico y otros) que rodean al núcleo, y separan los devanados entre ellos, a tierra, así como las partes de acero que forman la estructura. El fluido dieléctrico es comúnmente aceite mineral para transformador.

Por último, el tanque o cuba es la parte que contiene todo lo anterior: se trata de un tanque hermético para propiciar la preservación del aceite. Sobre este se coloca algunos elementos o accesorios como boquillas, cambiador de derivaciones (TAPS), terminales y otros.

En la Figura No. 12 se puede apreciar una ilustración de un transformador con la identificación de sus partes principales.



Fuente: Entrevista Operarios Taller Eléctrico

Figura No. 12 Partes de un Transformador

Un Transformador recibe diferentes tipos de pruebas en el Taller Eléctrico para conocer su estado y ofrecerles el mantenimiento requerido. Seguidamente se describirá tales pruebas:

3.3 Pruebas realizadas a los Transformadores

Según los manuales de los procedimientos del Taller Eléctrico de COOPELESCA la descripción de las pruebas de los transformadores son las siguientes:

Prueba de Relación de Transformación: esta prueba indica que la relación de transformación se encuentra en el valor de diseño y que no hay problemas internos en alguna de las bobinas.

Prueba de Aislamiento: Las unidades son en ohmios (Ω). Esta prueba mide el nivel de aislamiento de cada uno de los terminales con respecto al punto a tierra.

Pruebas Eléctricas:

- ✓ **Prueba de Pérdidas Eléctricas:** Las unidades son en Watts (W). Mide las pérdidas totales que tiene un transformador debido a la magnetización y al cobre de las bobinas primarias y secundarias.
- ✓ **Prueba de Cortocircuito:** Lo que se hace es inducir voltaje en el transformador hasta llegar al 100% de la potencia para la cual fue diseñado.

Prueba de Rigidez Dieléctrica: La unidad de medida es en kilovoltios (kV). Representa el nivel de voltaje al que el aceite dieléctrico se vuelve conductivo. El valor no debe ser inferior a 24 kV para el aceite usado. A la decisión final de la prueba también se suma el criterio del operario sobre el color que presenta el aceite.

Prueba de Detección de Cloros (PCB): Se realiza para detectar la presencia de cloros sobre 50 ppm (partes por millón) en aceites dieléctricos, consiste en extraer una muestra de aceite y mezclarla con otras sustancias para comparar el color de su reacción contra un patrón de colores con los que se define si el transformador posee o no PCB. Los de resultado negativo pasan a desecho y la muestra de los positivos se envía a un laboratorio externo.

III. METODOLOGÍA

La metodología que se desarrolló en el estudio es la del ciclo PHVA, cuyas etapas son Planear, Hacer, Verificar y Actuar. A continuación se explican las fases del estudio realizado con respecto a la metodología descrita.

Primeramente en la etapa **Planear** se entrevistó al personal del Taller y al Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica para conocer el interés del estudio para definir su alcance, objetivos, limitaciones y justificación. Además se realizó visitas al Taller Eléctrico para conocer las instalaciones, los diferentes procesos y su ubicación, el personal y sus responsabilidades, su jornada laboral, el equipo que se utiliza en el mantenimiento de los equipos de la Red Eléctrica, y otros. Se revisó también la información disponible para el estudio para identificar los datos de los mantenimientos con los que se contaba.

Una vez identificado el problema de desconocimiento de la capacidad del taller se elabora la propuesta del plan a seguir durante el proyecto, en la que se define como resultado el diseño de un modelo de cálculo de la capacidad para determinar la capacidad actual de los mantenimientos en transformadores y las posibles mejoras a la misma.

Seguidamente en la etapa **Hacer** se analiza la situación actual mediante las herramientas seleccionadas a partir de la revisión de la teoría. Se inicia con la elaboración de los formatos de las hojas de recolección de datos de los cursogramas analíticos de proceso y del muestreo de trabajo, además del cálculo del tamaño de muestra de las mediciones y observaciones. Para la toma de tiempos los procesos previamente conocidos se dividieron en elementos.

También se elaboró los diagramas de recorrido a partir de la observación de las rutas seguidas por los tipos de mantenimiento de un transformador a través de las instalaciones. Se analizó las condiciones del taller en cuanto a la manera de distribuirse los trabajos en transformadores, sus procedimientos de recibo y entrega en la bodega de inventarios y con los encargados del proceso de Pintura, sus áreas de almacenamiento de producto por ingresar, en proceso y terminado, sus jornadas laborales, la capacidad de los equipos utilizados en los

mantenimientos y otros. Por último se identifica la cantidad de trabajos terminados en transformadores durante los meses de enero a julio del año 2016.

En la fase del proyecto que corresponde a la etapa **Verificar** de la metodología se inició el diseño del modelo a partir de una lluvia de ideas sobre los requerimientos de éste, luego se determinaron los medios para dar respuesta a cómo dar solución a los requerimientos en el diseño del modelo. En la herramienta creada se utilizaron los tiempos de los procesos de la etapa Hacer. Primero se realizó una codificación de los diferentes tipos de mantenimiento y se elaboraron los cuadros que contendrían la información referente a los tiempos individuales y de grupo para cada frecuencia observada en el proceso. Con esta información, se diseñó el modelo en la hoja de cálculo de Excel® y se elaboró el manual de usuario de éste. Una vez realizado el modelo se verifican sus salidas y funcionamiento a partir de la aplicación de un ejemplo. También se evaluaron en el modelo los resultados de los reportes de mantenimiento de transformadores de los primeros seis meses del año 2016. En el capítulo de soluciones se puede encontrar una figura con la explicación resumen del diseño del modelo.

Por último, en la etapa **Actuar** se diseñaron propuestas para mejorar la capacidad operativa del Taller a partir del análisis realizado en el capítulo de la situación actual. Una de estas propuestas fue la reducción de demoras por recorridos del operario y el ingreso de datos en la hoja de registro en físico, para lo cual se elaboró una propuesta de hoja de registro digital y se realizó una prueba inicial del completado de datos en tabletas con esta nueva hoja. Se recopilaron los tiempos del anotación de los resultados. Sumado a lo anterior, se diseñaron nuevos espacios de almacenamiento en los puestos de trabajo para eliminar los recorridos por búsqueda de etiquetas y de equipos para la realización de pruebas.

Una segunda propuesta consistió en una redistribución del flujo de proceso de los transformadores mediante la reubicación de las áreas de almacenamiento, con base en los resultados de los tiempos obtenidos para cada mesa de trabajo durante el estudio de tiempos, identificando cuales recorridos reducían la distancia

de transporte para los transformadores y por consiguiente se traducían en tiempos menores. Se une a esta propuesta el diseño de los puestos de trabajo también.

Se cambiaron los tiempos en el modelo, según cada propuesta, para determinar la mejora en la disminución del tiempo requerido para la realización de los trabajos de un escenario de prueba. Se realizó la evaluación económica de estas propuestas y su plan de implementación. Finalmente se ofrecen las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado. En el Cuadro No. 4 se muestra un resumen de las etapas de la metodología empleada en el estudio. En el mismo se detalla el o los objetivos, las actividades, las herramientas utilizadas y los resultados de cada una de las etapas.

Cuadro No. 4 Metodología PHVA utilizada en el estudio del Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L

Etapas	Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Planear	-Determinar las necesidades de las partes interesadas en el estudio para la identificación de los requerimientos del modelo.	-Conocer los procesos del Taller Eléctrico, sus métodos e información disponible para el estudio. -Determinar el alcance del estudio. -Establecer los objetivos a cumplir. --Entrevistar a operarios del taller y Jefe de Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica.	-Observación directa del Proceso.	-Problema y necesidades identificadas y definidas. -Variables del modelo identificadas para la recolección de datos correspondientes.

Fuente: Elaboración Estudiante

Continuación Cuadro No.4

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Hacer	-Analizar la situación actual de los procesos actuales de mantenimiento de transformadores mediante el estudio de tiempos, recorridos y flujo de trabajos de los primeros seis meses del año 2016 para la determinación de las variables del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> Cursograma analítico de Procesos. -Diagrama de Recorrido. -Comparación contra lista de los Tipos de Mantenimiento -Elaborar hojas de recolección de datos y los cálculos de tamaño de muestra. -Dividir elementos del proceso de cada tipo de mantenimiento de los transformadores. -Tomar tiempos de los elementos creados. -Identificar el recorrido a través del taller de los diferentes tipos de mantenimiento de los transformadores -Identificar por mes la cantidad de trabajos en transformadores según su tipo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Cursograma analítico de Procesos. -Diagrama de Recorrido. -Comparación contra lista de los Tipos de Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> -Tiempos Promedio de los tipos de mantenimiento de los transformadores. -Diagramas de recorrido de los tipos de mantenimiento de los transformadores. -Flujo de los tipos de mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico durante los primeros seis meses del año 2016.
	-Realizar un muestreo de trabajo para la identificación del porcentaje del tiempo productivo y no productivo en la jornada diaria de los colaboradores del Taller Eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> -Elaborar hojas de recolección de datos y cálculos de tamaño de muestra. -identificar las actividades Productivas y no Productivas. -Realizar las observaciones de las actividades identificadas a los cuatro operarios del Taller. 	<ul style="list-style-type: none"> -Muestreo de Trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje del tiempo productivo y no productivo de los operarios.

Fuente: Elaboración Estudiante

Continuación Cuadro No.4

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Verificar	<p>-Diseñar el modelo de cálculo de la capacidad del Taller Eléctrico para la entrega de un medio que ofrezca información sobre la misma al Taller y al Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica.</p>	<p>-Diseñar modelo de cálculo de capacidad con las variables definidas. -Verificar Funcionamiento del modelo diseñado.</p>	<p>-Lluvia de Ideas. -Modelo de cálculo de la Capacidad propuesto.</p>	<p>-Modelo de Cálculo de la Capacidad del Taller Eléctrico de COOPELESCA. -Manual de Usuario del Modelo.</p>
Actuar	<p>-Desarrollar propuestas de mejora en los procesos de mantenimiento de transformadores para la incrementación de la capacidad del taller.</p> <p>-Medir el impacto de la reducción del tiempo de proceso en transformadores de las propuestas elaboradas para la identificación de la mejora con éstas.</p> <p>-Evaluar el costo y etapas de la realización de las propuestas para el desarrollo de los planes de implementación de éstas.</p>	<p>-Diseñar una hoja digital para el registro de los datos de los mantenimientos en transformadores. -Diseñar más espacios de almacenamiento en las actuales mesas de trabajo. -Realizar una propuesta de redistribución de las áreas del Taller. -Determinar los costos de las propuestas, la reducción en el tiempo de proceso y la duración de su implementación.</p>	<p>-Diseño de puestos de trabajo. -Reducción del tiempo de recorridos por medio de redistribución de áreas de la planta y del flujo de procesos.</p>	<p>-Alternativas de solución evaluadas. -Conclusiones y Recomendaciones.</p>

Fuente: Elaboración Estudiante

En la Figura No. 13 se identifica el cronograma de las actividades realizadas en el estudio según la metodología seleccionada.

Etapa	Actividades	Inicio semana	Fin semana	Semana
Planear	Observación proceso, identificar requerimientos	25/07/2016	29/07/2016	1
	Justificación, objetivos, alcance y observación del proceso	01/08/2016	05/08/2016	2
Hacer	Elaborar Hojas de recolección de datos, diagramas de recorrido, estudio de Tiempos	08/08/2016	12/08/2016	3
	Estudio de Tiempos	15/08/2016	19/08/2016	4
	Muestreo de Trabajo y Estudio de Tiempos	22/08/2016	26/08/2016	5
	Muestreo de Trabajo y Estudio de Tiempos	29/08/2016	02/09/2016	6
	Muestreo de Trabajo y Estudio de Tiempos	04/09/2016	09/09/2016	7
	Estudio de Tiempos y Flujo de trabajo de los primeros seis meses 2016	12/09/2016	16/09/2016	8
	Estudio de Tiempos y Cursogramas	19/09/2016	23/09/2016	9
	Cursogramas	26/09/2016	30/09/2016	10
Verificar	Diseño del Modelo	03/10/2016	07/10/2016	11
Actuar	Propuestas de mejora	10/10/2016	14/10/2016	12
	Propuestas de mejora y su evaluación y planes de implementación	17/10/2016	21/10/2016	13

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 13 Cronograma de la Metodología utilizada en el estudio

Los resultados de la metodología aplicada se presentan en los capítulos siguientes, comenzando a continuación con el capítulo de Situación Actual.

IV. SITUACIÓN ACTUAL

En esta sección del estudio se expone las condiciones de la situación actual del proceso productivo del Taller Eléctrico. Se divide según los aspectos diagnosticados y se muestran los resultados finales obtenidos a partir de las herramientas empleadas.

Operarios y distribución de Responsabilidades

En el taller eléctrico laboran cuatro operarios, cuyas responsabilidades están acordes con el equipo que requiere mantenimiento. En el Cuadro No. 5 se muestra la división de las labores en el Taller.

Cuadro No. 5 División Actual de las Labores por operario del Taller Eléctrico

Trabajo	Responsable
Mantenimiento de Luminarias y Pértigas Telescópicas.	Operario 1
Mantenimiento de Transformadores	Operario 2
	Operario 3
Labores de Inventarios del Taller, compras, registros de los mantenimientos en sistema, y otros.	Operario 4

Fuente: Elaboración Estudiante

No obstante el Operario 1 y el Operario 4 colaboran con los mantenimientos en los transformadores cuando presentan tiempo disponible en sus jornadas laborales.

Jornada laboral del Taller Eléctrico

La jornada del Taller abarca desde las 7:00 am hasta las 5:00 pm -de lunes a jueves-, y de 7:00 am a 4:00 pm los viernes. Los horarios de trabajo incluyen una hora de almuerzo, quince minutos de desayuno y quince minutos de café.

Para obtener el tiempo total establecido para las labores del Taller se requiere restar de los horarios mencionados los tiempos de comidas. En el Cuadro No. 6 se muestra el tiempo laboral disponible durante la semana, que para efectos del estudio se utilizará en minutos.

Cuadro No. 6 Jornada laboral actual en minutos del Taller Eléctrico

Día	Tiempo Jornada (Horas)	Tiempo Comidas (Horas)	Tiempo Laboral disponible en la jornada (Horas)	Tiempo Laboral disponible en la Jornada (Minutos)
Lunes	10	1,5	8,5	510
Martes	10	1,5	8,5	510
Miércoles	10	1,5	8,5	510
Jueves	10	1,5	8,5	510
Viernes	9	1,5	7,5	450
Total por operario	49	7,5	41,5	2490
Total cuatro operarios	196	30	166	9960

Fuente: Elaboración Estudiante

Por semana, el tiempo total laboral del taller, tomando en cuenta a los cuatro operarios, es de 9960 minutos. En el caso de los dos operarios dedicados propiamente a las labores con los transformadores, al multiplicar 2 x 2490 se obtiene 4980 minutos a la semana disponibles para los mantenimientos. Esto resulta en un 50% de la jornada laboral total del Taller que se dispone para este tipo de trabajo.

Registro de Datos de los mantenimientos en físico

Cuando un transformador ingresa a su proceso de mantenimiento el operario a cargo debe comenzar a llenar una hoja con los datos del mismo. Dicha hoja se mantiene durante todo el proceso debido a que en ella se anotan los resultados y observaciones de las pruebas realizadas al transformador y permite controlar el seguimiento del mantenimiento. Este documento es sólo de uso interno del Taller.

En Anexo 1 se presenta el formato de esta hoja. A continuación se enuncia los datos que se pueden obtener de estos registros de mantenimiento:

- ✓ Fecha de Inicio de Mantenimiento
- ✓ Fecha de Entrega a Bodega

- ✓ Código de Transformador
- ✓ Tipo de Transformador (Convencional o Auto protegido)
- ✓ Estado del Transformador (Nuevo o Usado)
- ✓ Marca
- ✓ Potencia
- ✓ Año de Fabricación
- ✓ Resultados obtenidos en las diferentes pruebas
- ✓ Espacio para Observaciones del mantenimiento realizado.

Las fechas indicadas en estos registros sólo permiten conocer la fecha en la que se dio inicio al mantenimiento y la fecha en la que se entregó a bodega, por lo tanto no se registra la fecha en la que se terminó el mantenimiento del transformador. La empresa tiene como propuesta el que estos datos se manejen de forma digital, permitiendo así el que otras áreas o departamentos puedan acceder a esta información.

Maquinaria o Equipo utilizado en los trabajos de Mantenimiento

Para cada una de las pruebas indicadas en el marco teórico del estudio se utilizan diferentes equipos de medición, los cuales registran los resultados que se anotan en la hoja del mantenimiento. En el Cuadro No. 7 se presentan la caracterización y capacidad de éstas.

Por tarima se pueden transportar cuatro o cinco transformadores dependiendo del tamaño de estos. El tamaño está definido por su potencia, por ejemplo un transformador de potencia 50 kVA posee un tamaño mayor que uno de potencia 10 kVA. En una sola tarima se puede agrupar tres transformadores de 10 kVA, y dos de 15 kVA, o puede ser uno de 100, dos de 15, y uno de 5, en otras palabras, se combina las potencias según las de los transformadores que requieren mantenimiento, aunque no hay un patrón definido.

Cuadro No. 7 Descripción del Equipo del Taller Eléctrico

Equipo	Características	Capacidad	Cantidad
Montacargas	2 Grandes	1 tarima	3
	1 Pequeño		
Máquina Prueba de Relación de Transformación	ATRT-OIB S2 Automatic	1 Transformador	2
Máquina Prueba de Aislamiento	Fluke 1550OB MEGOHMMETER	1 Transformador	2
Máquina Pruebas Eléctricas	Hubbell-Hipotronics Modelo: TTS-75	1 Transformador	1
Máquina Prueba de Rigidez Dieléctrica	Megger OTS60PB Portable Oil Test set.	1 muestra de aceite	2
Horno	4,32 m ²	15-20 núcleos según el tamaño de estos	1
Tecele	2000 kg CM VALUSTAR	1 Transformador	1
Hidrolavadora	1500 psi-1900 psi	-	1
Máquina de Extracción/Llenado de aceite	Tensión nominal 500 V/ Corriente nominal 30 A	1 Transformador	3

Fuente: Elaboración Estudiante

Cuando se realizan las pruebas eléctricas se ingresa la tarima con los transformadores dentro del cuarto de Pruebas Eléctricas, sin embargo éstas se aplican a cada transformador. Las tres máquinas de cambio de aceite corresponden a una para el aceite nuevo, otra para el usado y una última para el de desecho.

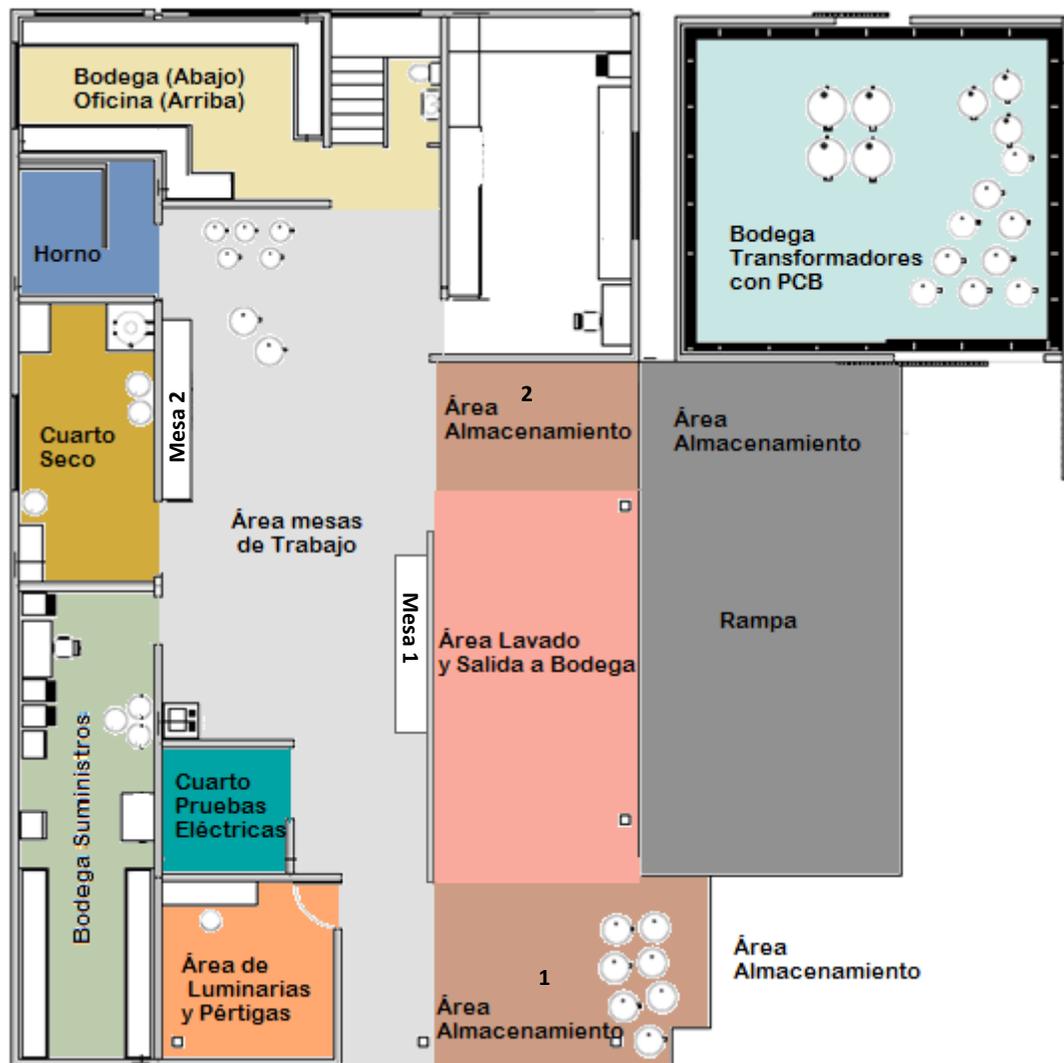
Distribución de Planta

Las instalaciones del Taller Eléctrico abarcan alrededor de 384 m² según las dimensiones presentadas en el plano que se muestra en la Figura No.13 (en este plano se señalan también las áreas del Taller Eléctrico)

En el Área mesas de Trabajo destacada en color gris en la Figura No. 14 es dónde se realizan las pruebas de relación y de aislamiento. El cuarto seco es el espacio donde se ingresan los transformadores para la prueba de aceite y llenado de este, además se brinda mantenimiento que involucre el abrir el transformador cuando el clima genera una humedad relativa igual o mayor de 75% en el taller.

En la Bodega de suministros se mantienen los barriles de aceite nuevo aún sin abrir, las etiquetas del transformador, los registros en físico u hojas de datos de los mantenimientos realizados, además de otros productos utilizados en el Taller.

En las zonas marcadas como Áreas de Almacenamiento se colocan los transformadores que requieren pintura, cambio de aceite o los que se han señalado con bajo aislamiento también. Ahí también se encuentran también los transformadores que hacen fila para ingresar al taller, ya sean nuevos o usados



Fuente: COPELESCA R.L

Figura No. 14 Plano de las Instalaciones del Taller Eléctrico y su división por áreas

En el área de Lavado se colocan los transformadores usados para lavarlos previo a su mantenimiento y además es en esta área dónde se colocan los transformadores cuyo mantenimiento se ha finalizado para que el montacargas pueda ingresar por la rampa y tomar la tarima que será luego llevada a Bodega de Inventarios.

En el cuadro No. 8 se presentan las distancias entre los diferentes puntos de las instalaciones del Taller por dónde se desplazan ya sean los transformadores o los operarios durante los procesos de mantenimiento, se incluye también un color distintivo para cada distancia, esto para su identificación en la Figura No.15.

Cuadro No. 8 Distancia en metros entre las áreas del Taller Eléctrico

De localización 1	A localización 2	Distancia (metros)	Identificación
Mesa 1	Bodega Suministros	7.7	
Mesa 2	Bodega Suministros	7.7	
Mesa 1	Cuarto seco	9	
Mesa 2	Cuarto seco	9	
Área Lavado/Salida Bodega	Mesa 2	11	
Área Lavado/Salida Bodega	Mesa 1	11	
Cuarto Pruebas Eléctricas	Mesa 2	10.3	
Cuarto Pruebas Eléctricas	Mesa 1	4.8	
Cuarto Pruebas Eléctricas	Área Lavado/Salida Bodega	11.4	
Cuarto Pruebas Eléctricas	Cuarto seco	13.3	
Cuarto seco	Área Lavado/Salida Bodega	14.7	
Mesa 1	Horno	11.3	
Mesa 2	Horno	6.3	
Mesa 1	Área Almacenamiento 1	11.57	
Mesa 2	Área Almacenamiento 1	14.5	
Mesa 1	Área Almacenamiento 2	9	
Mesa 2	Área Almacenamiento 2	9	

Fuente: Elaboración Estudiante

Las distancias entre las Mesas de trabajo y la bodega de suministros son recorridas por los operarios cuando se requieren las hojas de los mantenimientos, las etiquetas de codificación de los transformadores, los ampos o carpetas donde se almacenan las hojas y la máquina de lavado debido a que estos insumos se encuentran almacenados en esta bodega.

Por otro lado, los operarios recorren también las distancias entre las mesas de trabajo y el cuarto seco cuando requieren el equipo para la prueba de relación, la de aislamiento, la máquina de llenado y extracción de aceite y la máquina de etiquetas de salida, activos que permanecen en ese cuarto.

Los puentes se encuentran en el cuarto de Pruebas Elécticas razón por la que el operario se desplaza a este cuarto cuando debe realizar la prueba de aislamiento.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 15 Identificación de distancias entre las áreas del Taller Eléctrico

Procedimientos de Recibo y Entrega a Bodega

Cuando un transformador presenta una avería, una sobrecarga u otro evento que requiera su salida de la Red Eléctrica (sistema de distribución de energía eléctrica instalado en la zona de concesión) las cuadrillas del Departamento de Operación y Mantenimiento lo desinstalan y lo envían a la Bodega de Inventarios de COOPELESCA que, posteriormente, realiza la entrega de los transformadores al taller según el espacio disponible en el área de almacenamiento de producto entrante.

Al taller ingresan transformadores usados y nuevos que requieren menor cantidad de pruebas, debido a su condición. Si se necesita revisar con urgencia transformadores nuevos, estos son prioritarios en bodega, de lo contrario se encuentran en la cola de espera al igual que los transformadores usados. La bodega de inventarios tiene como política recoger los transformadores terminados los días miércoles y viernes.

Procedimiento de Envío a proceso de Pintura

Una vez que se identifica a los transformadores que requieren pintura se espera a formar un lote de al menos 20 transformadores para solicitar el servicio de pintura. Aunque se puede realizar la solicitud con una cantidad de 15, se espera a completar los 20, se puede hacer una excepción si urge que los transformadores sean pintados

Los trabajos en pintura tardan siete días en volver a las instalaciones del taller Eléctrico, y una vez que ingresan de nuevo no reciben trato preferencial para su mantenimiento faltante, sino que esperan a que se terminen los trabajos de los transformadores en proceso.

Algunos transformadores se envían completos al proceso de pintura, es decir, llevan su núcleo y aceite, pero a los que requirieron cambio de aceite en su mantenimiento se les envía únicamente la carcasa o cuba.

Descripción de los Procesos de Mantenimiento de Transformadores

En las siguientes páginas se explican los diferentes procesos de mantenimiento de los transformadores. En los mismos se identifican los procesos que siguen al proceso general según los resultados de las diferentes pruebas. En el Apéndice 2 se encuentran fotografías que ejemplifican algunas de las pruebas y operaciones descritas en los procesos.

El mantenimiento correspondiente a la Figura No. 16 hace referencia a las operaciones que sigue un transformador usado que pasa todas las pruebas (Relación, Aislamiento, Eléctricas, Aceite y no requiere Pintura).

El transformador comienza su proceso en el área de lavado, donde se le aplica jabón y se lava con la hidrolavadora. Luego se traslada dentro del Taller. Los trabajos en el Taller se realizan de manera que cada uno de los dos operarios, que se encargan principalmente de los transformadores, transportan estos a su mesa de trabajo respectiva para aplicarles los mantenimientos requeridos. Ambos conocen todos los procedimientos a realizar. Se presentan ocasiones en las que los transformadores se deben trasladar fuera del Taller pasando por el área de lavado para ingresar al cuarto de pruebas eléctricas debido a que no es posible movilizarlos por dentro si el espacio de la mesa 1 está ocupado con transformadores en proceso (Ver Diagramas de Recorrido).

En las mesas de Trabajo se procede a quitarles los herrajes y otros objetos que traen los transformadores y que les permitía la sujeción y conexión a la red eléctrica, los cuales se depositan en recipientes destinados a desecho o reciclaje.

En esta etapa del proceso se determina visualmente si el transformador es sospechoso de contener PCB, a partir de su apariencia externa o el año de fabricación: si es sospechoso, sigue el proceso de mantenimiento a transformadores con PCB el cual se describe más adelante. Si el transformador es no sospechoso de PCB se sigue con el llenado de los datos generales del Transformador y se prepara la primera prueba, para lo cual el operario debe ir al cuarto seco por la máquina de prueba de relación de transformación. La

preparación corresponde a encender la máquina y colocar los cables de alimentación en las terminales de los bornes respectivos para la prueba. En este caso, se realizan 5 mediciones y si los resultados son los adecuados se sigue a la siguiente prueba, si no, se califican como transformadores dañados para su revisión posterior, cuyo proceso se indica en otro diagrama. Ningún transformador puede pasar a las otras pruebas sin la prueba de relación.

Al finalizar cada prueba se anotan los resultados de éstas en la hoja de mantenimiento donde se ingresaron los datos generales del transformador. La siguiente prueba es la de aislamiento: se sigue el mismo proceso de la prueba de relación, es decir el transformador espera mientras el operario va por la máquina para esta prueba y prepara los cables de alimentación, pero también se le colocan los puentes, uno en caso de que sea auto-protegido y dos si es convencional. En esta prueba se anota tres datos en el caso de los transformadores convencionales y dos datos en los autoprottegidos. Si el resultado es correcto se sigue el proceso, si no, se califica como transformador de bajo aislamiento.

Un transformador de bajo aislamiento continúa el proceso con las pruebas eléctricas antes de separarse a su proceso por bajo aislamiento. Con el fin de detectar si este transformador posee también agua dentro de su cuba.

Las máquinas de las pruebas se utilizan para el grupo de transformadores al que se le está dando el mantenimiento en dicho momento y luego se guardan en el cuarto seco de nuevo. Seguidamente, se lleva la tarima con transformadores al cuarto de pruebas eléctricas donde se le realizan las pruebas de cortocircuito y la de pérdidas eléctricas. En el caso de la prueba de pérdidas eléctricas se requiere que el transformador posea sólo un puente por lo que sí es convencional se le debe quitar uno de los dos con los que ingresa al cuarto de pruebas eléctricas y si es autoprottegido se realiza la prueba con el único puente que posee.

Un aspecto importante de la máquina con la que se realizan las pruebas eléctricas, es que al igual que la máquina de la prueba de Relación y de Aislamiento posee cables de alimentación que son colocados en las terminales del

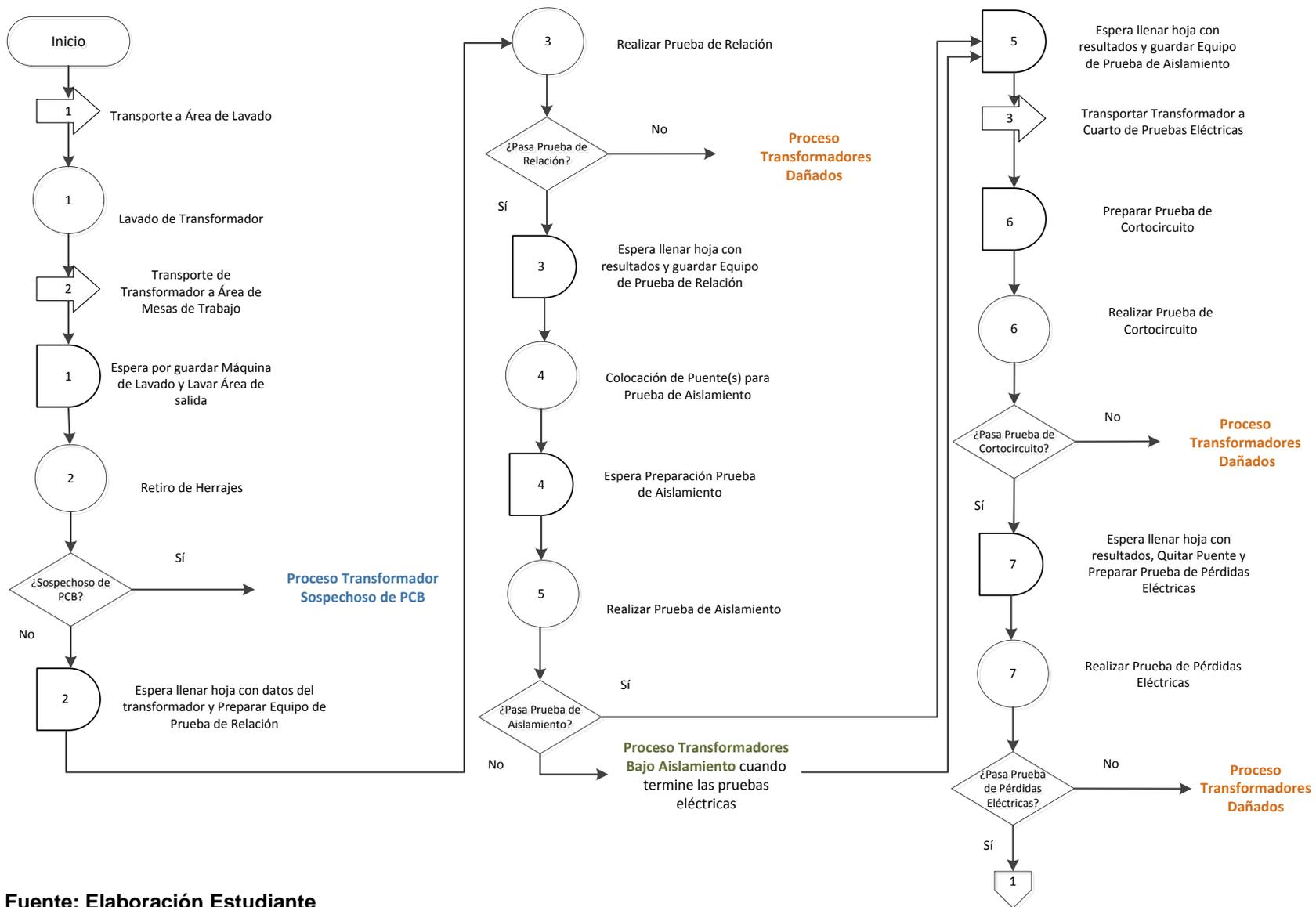
transformador, pero no posee un tiempo máquina sino que el operario es quien durante la ejecución de la prueba manipula la perilla del equipo para lograr los resultados.

Luego, de las pruebas eléctricas se pasa al cuarto seco para realizar la prueba de Rigidez Dieléctrica al aceite. Se extrae la muestra de aceite y se coloca en la máquina, la cual posee un tiempo de proceso variable según las condiciones que presente el aceite, así puede tardar entre (14 a 18) minutos. No obstante, mientras se realiza dicha prueba el operario realiza el cambio de empaques del transformador y revisa los otros accesorios del transformador, operación que excede el tiempo que tarda la máquina de la prueba de aceite.

La prueba de aceite es parte de la decisión sobre el cambio o no de aceite en el transformador, ya que si al abrir la tapa se observa un color muy oscuro en el aceite el operario puede destinarlo al grupo de cambio de aceite sin realizar la prueba de rigidez eléctrica.

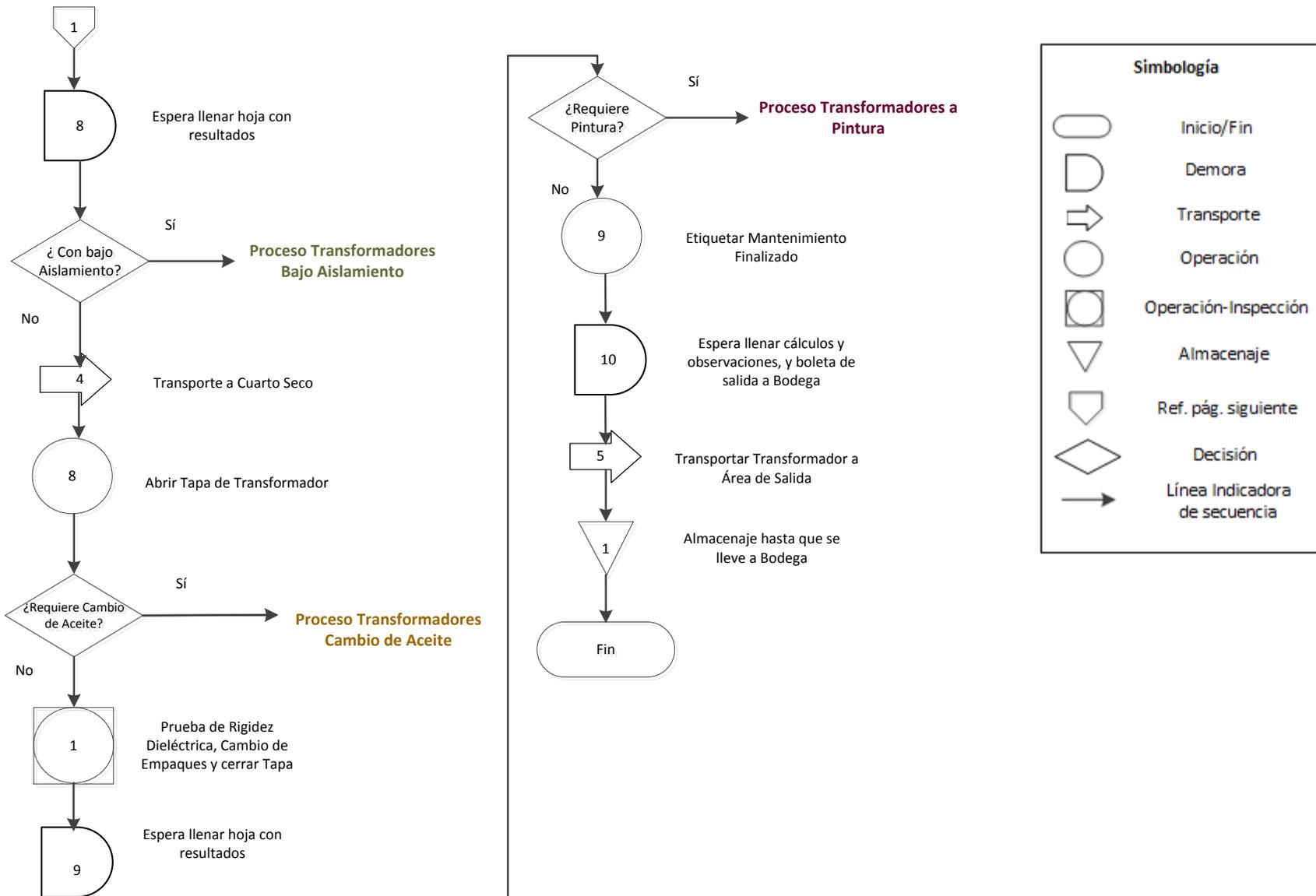
En esta parte del proceso se determina si la cuba del transformador requiere pintura, en este caso, como se trata del mantenimiento de un transformador que ha pasado todas las pruebas, si requiere pintura se envía cerrado y lleno de aceite de lo contrario su mantenimiento ha finalizado para lo cual el operario le coloca una etiqueta que indica el mantenimiento finalizado en la fecha respectiva.

Después, se transporta al área de salida y espera en ella mientras se requiera en bodega, si dicho espacio se requiere entonces se colocan en las áreas de almacenamiento cercanas a la bodega de PCB. El operario debe regresar a su mesa de trabajo y realizar ciertos cálculos requeridos en la hoja del mantenimiento, así como la anotación de observaciones y además llenar la boleta que indica la salida a bodega del transformador cuyo mantenimiento se ha terminado.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 16 Diagrama de Proceso de Mantenimiento Transformador que pasa todas las pruebas

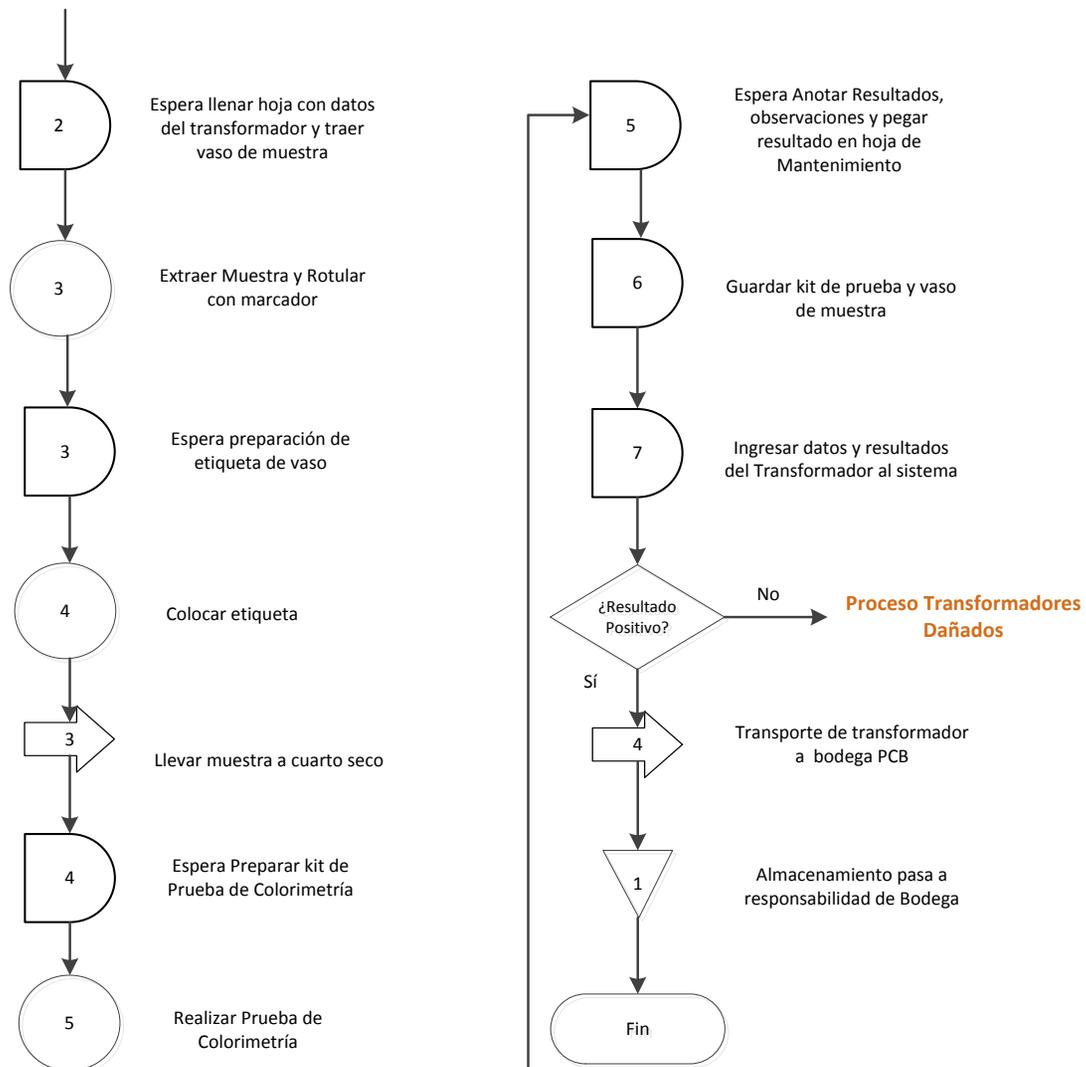


Simbología	
	Inicio/Fin
	Demora
	Transporte
	Operación
	Operación-Inspección
	Almacenaje
	Ref. pág. siguiente
	Decisión
	Línea Indicadora de secuencia

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 17 Continuación Diagrama de Proceso de Mantenimiento Transformador que pasa todas las pruebas

Proceso Transformador Sospechoso de PCB



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 18. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador Sospechoso de PCB

El proceso del mantenimiento a un transformador sospechoso de PCB continúa en la Figura No. 18. Se sigue la numeración respectiva tomando el inicio del mantenimiento descrito.

Una vez que se separa el transformador sospechoso de PCB se completan sus datos generales también; después se extrae una muestra de su aceite en un pequeño vaso destinado para este uso, la cual se obtiene inclinando el transformador hasta que su aceite salga por el orificio donde se encuentra la válvula de alivio de presión. Se rotula el envase y se le coloca una etiqueta correspondiente al transformador al que pertenece, la cual debe digitarse individualmente.

La muestra se lleva al cuarto seco, y espera mientras se prepara el kit de la Prueba de Colorimetría. Este kit contiene un instructivo de uso y dos tubos de ensayo con ampollas que contienen las sustancias que reaccionan con el aceite y permiten su coloración de acuerdo a la cantidad de PCB en ppm (partes por millón) que contenga el transformador. Incluye una ampolla inhibidora de la reacción y una pipeta para tomar la muestra de aceite a colocar en los tubos de ensayo.

La prueba consiste en mezclar y agitar la pequeña muestra de aceite, que se toma del envase, junto con las sustancias de los tubos de ensayo en el orden descrito en el instructivo, y se obtiene una coloración producto de la reacción entre el aceite y las sustancias, dicha coloración varía entre tonos morados y amarillos que se comparan con los colores mostrados en el instructivo. Un tono color morado indica una cantidad de PCB menor a 50 ppm, que aumenta conforme el tono de color torna amarillo. Así, se marca si el resultado de la prueba es positivo (cantidad de PCB mayor a 50 ppm) o negativo (cantidad de PCB menor a 50 ppm).

Los anteriores resultados se anotan en la hoja y en la ficha de colores del instructivo (Ver Apéndice 2), la cual se une a la hoja. Terminada la prueba se deposita la ampolla inhibidora de la reacción y se guarda tanto el kit de la prueba

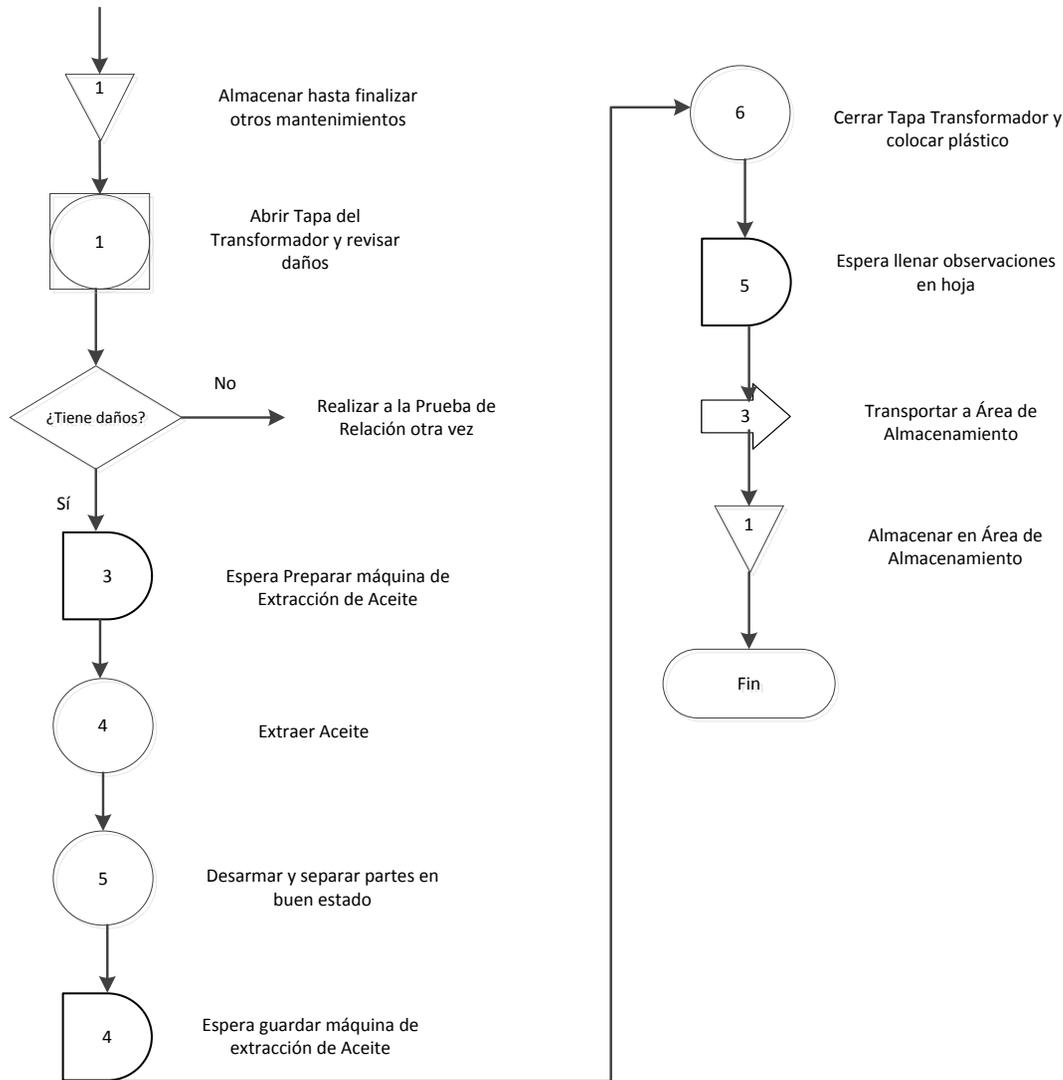
como el vaso de la muestra. Luego, se ingresan los datos obtenidos al sistema de la empresa, para ello el operario se traslada hacia la oficina y hace uso de la computadora. Una vez ingresados al sistema, los transformadores negativos pasan al proceso de transformadores dañados y los positivos se transportan a la bodega de disposición de los transformadores con PCB, donde se almacenan hasta que Bodega de Inventarios se encargue de ellos ya que a partir de ahí dejan de ser responsabilidad del Taller.

En la Figura No. 19 se describe el proceso de mantenimiento de los transformadores que en las diferentes partes del proceso se calificaron como dañados. La numeración de los pasos sigue la secuencia del proceso inicial. Estos se separan del mantenimiento en proceso y se almacenan para ser revisados después. El operario debe inicialmente abrirlos y revisar los daños, si no se observan daños es posible que el transformador continúe con las otras pruebas si logra pasar la prueba de relación al aplicarla por segunda vez.

Si se aprecian daños, como por ejemplo el que se haya quemado, entonces se prepara la máquina de extracción de aceite usado y se extrae el aceite depositándolo en un tanque colocado cerca del área de almacenamiento 2. El tiempo de dicha operación varía según la potencia del transformador, porque una potencia mayor implica un tamaño mayor; por consiguiente, más cantidad de aceite por drenar de la cuba.

Luego se desarma y separan las partes que se encuentran en buen estado, utilizables como repuestos. La máquina de extracción de aceite usado generalmente se encuentra cerca del área de trabajo de la Mesa 2 y allí se guarda una vez que se ha terminado de extraer el aceite. Seguidamente se cierra el transformador y se envuelve en plástico adhesivo. El cierre de esta tapa no es tan detallado como el de los transformadores que no están dañados. Se termina de llenar la hoja de mantenimiento con observaciones y se transporta luego al área de almacenamiento 2 o bien al área de Salida a Bodega. El transformador con 20 años a partir de su fecha de fabricación pasa también a este proceso, esto por política de la empresa.

Proceso Transformadores Dañados



Fuente: Elaboración Estudiante

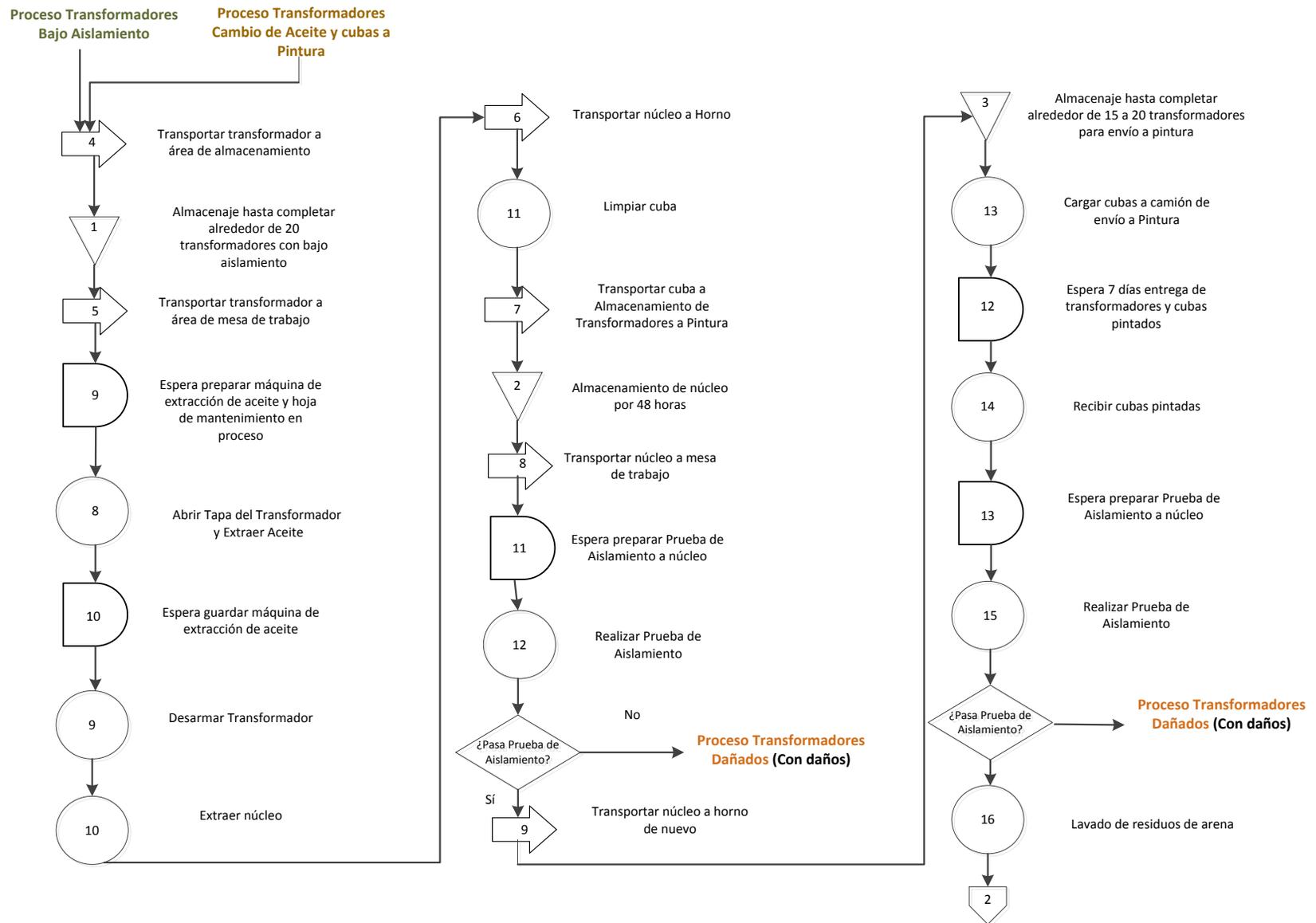
Figura No. 19. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador Dañado

La Figura No. 20 muestra el diagrama de proceso para el mantenimiento que sigue un transformador que ha sido calificado con bajo aislamiento, proceso que seguiría un transformador que requiere cambiar aceite y pintura. Estos mantenimientos se almacenan hasta completar alrededor de 15 a 20 transformadores para completar el espacio disponible en el horno ya que requieren el que se les extraiga el núcleo.

El transformador ingresa de nuevo al área de las mesas de trabajo y se abre para drenar su aceite. Luego se requiere desarmar el transformador, y sus partes y accesorios se guardan en un recipiente al que se le escribe el número del transformador con marcador. Seguidamente se le extrae el núcleo y se coloca en una tarima para ser ingresado en el horno por un periodo de 48 horas para que recupere su capacidad de aislamiento. La cuba se limpia y se le vacía el residuo de aceite. Esta se traslada al área de almacenamiento de pendientes de Pintura.

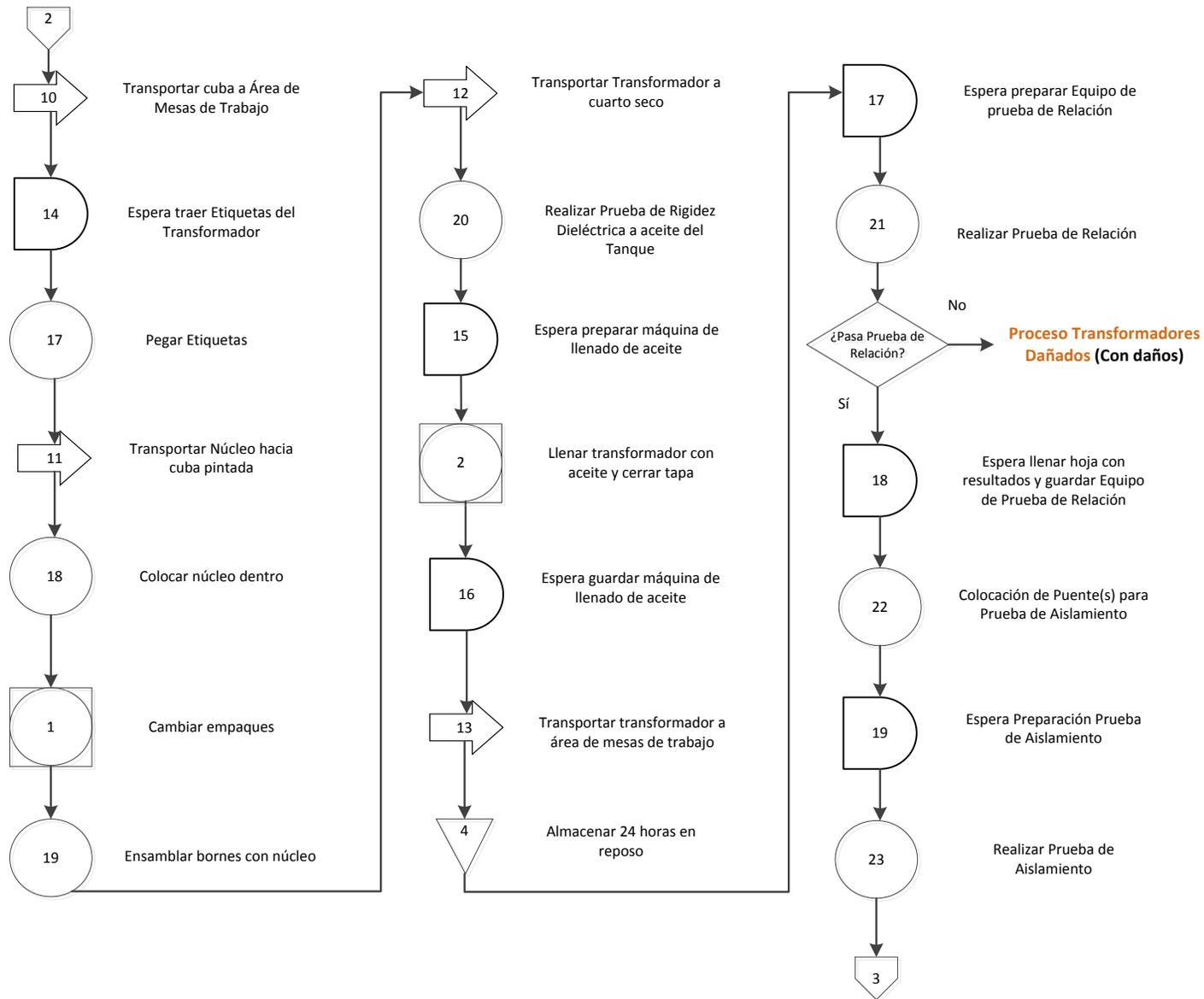
Una vez que han pasado las 48 horas se le realiza la prueba de Aislamiento al núcleo, y si esta no pasa el transformador se clasifica como dañado, así que sus partes quedarían para repuesto y si su cuba se puede reutilizar entonces se envía a pintura. Si pasa la prueba de aislamiento se deja el núcleo en el horno y se envía la cuba a pintura cuando se alcance la cantidad requerida entre cubas y transformadores pendientes de pintura.

Cuando la cuba regresa de pintura se repite la prueba de Aislamiento al núcleo antes de armar de nuevo el transformador, porque es posible que el núcleo de dañe debido a que estuvo durante muchos días en el horno mientras esperaba por la cuba pintada, lo cual ocurre por el contacto entre el cobre y el aluminio de los bornes. Si la prueba se pasa nuevamente entonces se lava un poco la cuba debido a la arena que adquirió en el proceso de pintura.



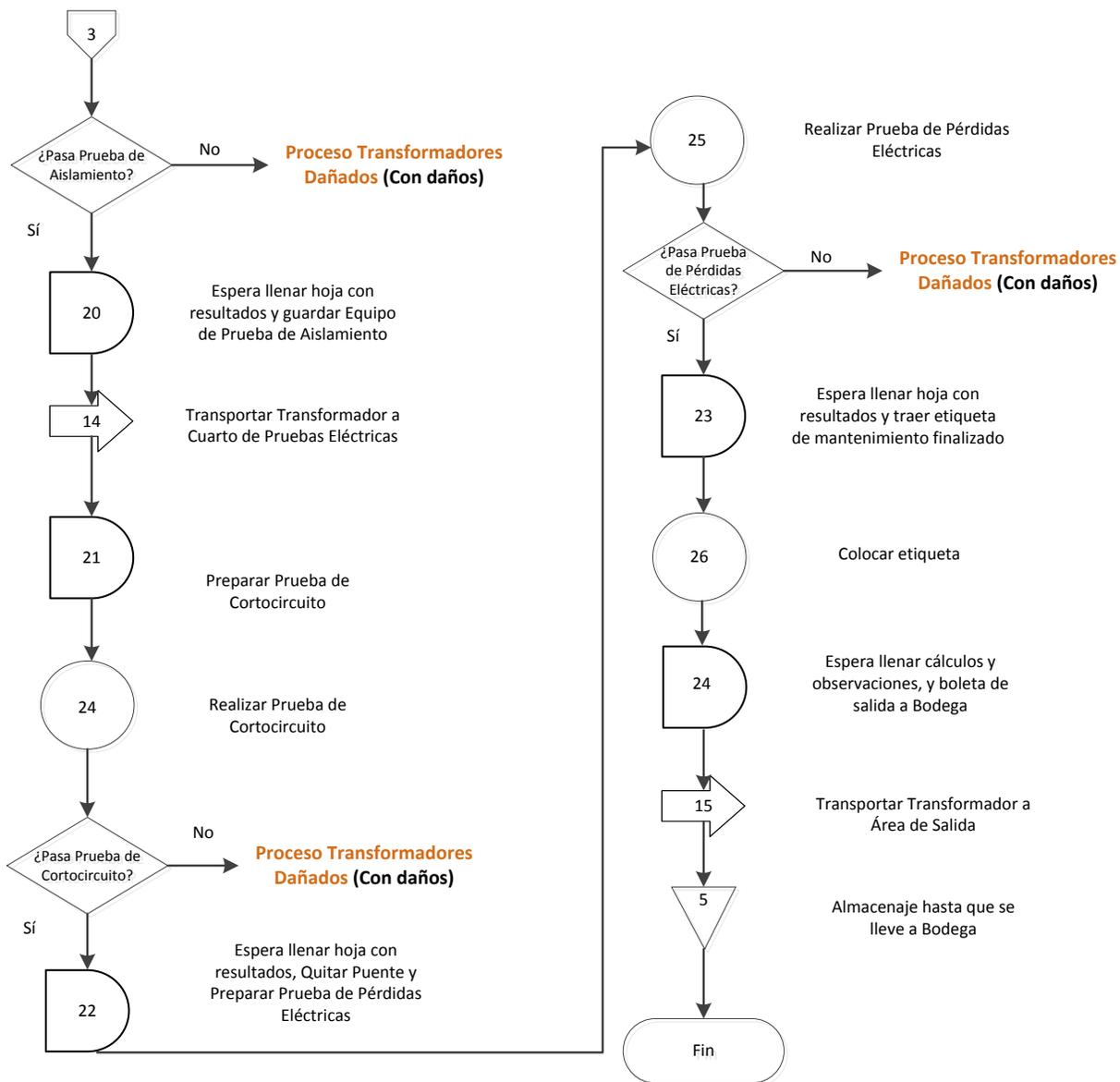
Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 20 Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 21 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura



Fuente Elaboración Propia

Figura No. 22 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Cambio de Pintura

Una vez lavada la cuba, ingresa al Taller y se le deben colocar las etiquetas de nuevo (nombre de la empresa, el número de transformador, la potencia, la etiqueta que indica que se ha llenado con aceite biodegradable y la etiqueta de precaución junto al cambiador de TAPS). Luego, se trae el núcleo y se ingresa dentro del transformador, se cambian y ensamblan los empaques y accesorios guardados en el recipiente mencionado, y se le realizan las conexiones del núcleo con los bornes.

Después, se traslada al cuarto seco donde se encuentran los tanques con el aceite nuevo, al cual se le debe realizar también la prueba de rigidez dieléctrica. Los resultados de la prueba se anotan en la hoja así como información referente al tanque de aceite con el que se llena. Luego se cierra su tapa y se deja reposar durante 24 horas para realizarle las pruebas de salida.

Estas pruebas de salida son las mismas que se describieron en el diagrama del primer proceso, corresponden a la prueba de relación, la prueba de aislamiento y las pruebas eléctricas. Por último, se le coloca la etiqueta de salida y se realizan los cálculos y observaciones y boleta de salida correspondientes. Se almacena en el área de salida para ser entregado a bodega.

Por otra parte, en la Figura No. 23 se muestra el proceso requerido por un transformador que requiere cambio de aceite, pero no necesita pintura. Este transformador se mantiene en el área de almacenamiento hasta completar una cantidad de alrededor de 5 o dependiendo de la cantidad de aceite disponible (un tanque cubre 5 transformadores más o menos según operarios del taller eléctrico). Se ingresa el transformador y se le realizan los mismos pasos anteriores, se abre y se extrae el aceite y su núcleo se coloca en el horno, la diferencia es que estos sólo permanecen una hora en el horno.

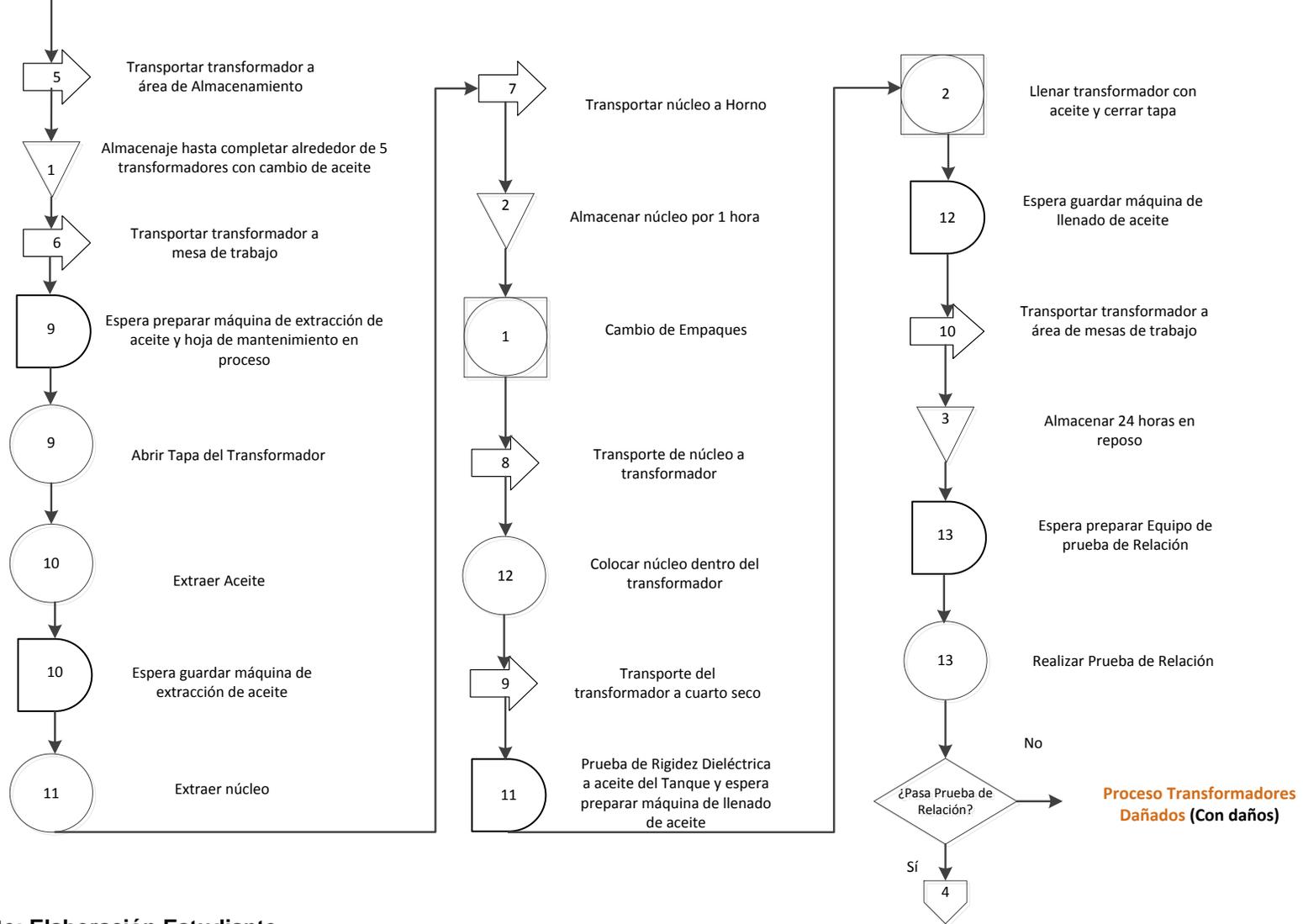
Se realiza el cambio de empaques y la prueba de Rigidez dieléctrica para el tanque del cual se extraerá el aceite nuevo para el transformador. Se trae el núcleo del horno y se coloca en el transformador, el cual luego se llena con el

aceite nuevo dentro del cuarto seco. Luego se cierra su tapa y se deja en reposo durante 24 horas, al igual que en el proceso descrito anteriormente.

Al completarse las 24 horas con el aceite en reposo para que pueda ser absorbido por el núcleo se preparan las pruebas de relación, de aislamiento y eléctricas para su posterior salida del Taller. La diferencia que se presenta es que, en la prueba de relación, donde se toman cinco mediciones (una por cada posición del cambiador de TAPS, en total 5 posiciones) ahora sólo se tomará una posición, la número 3 que es la de mayor interés para la empresa.

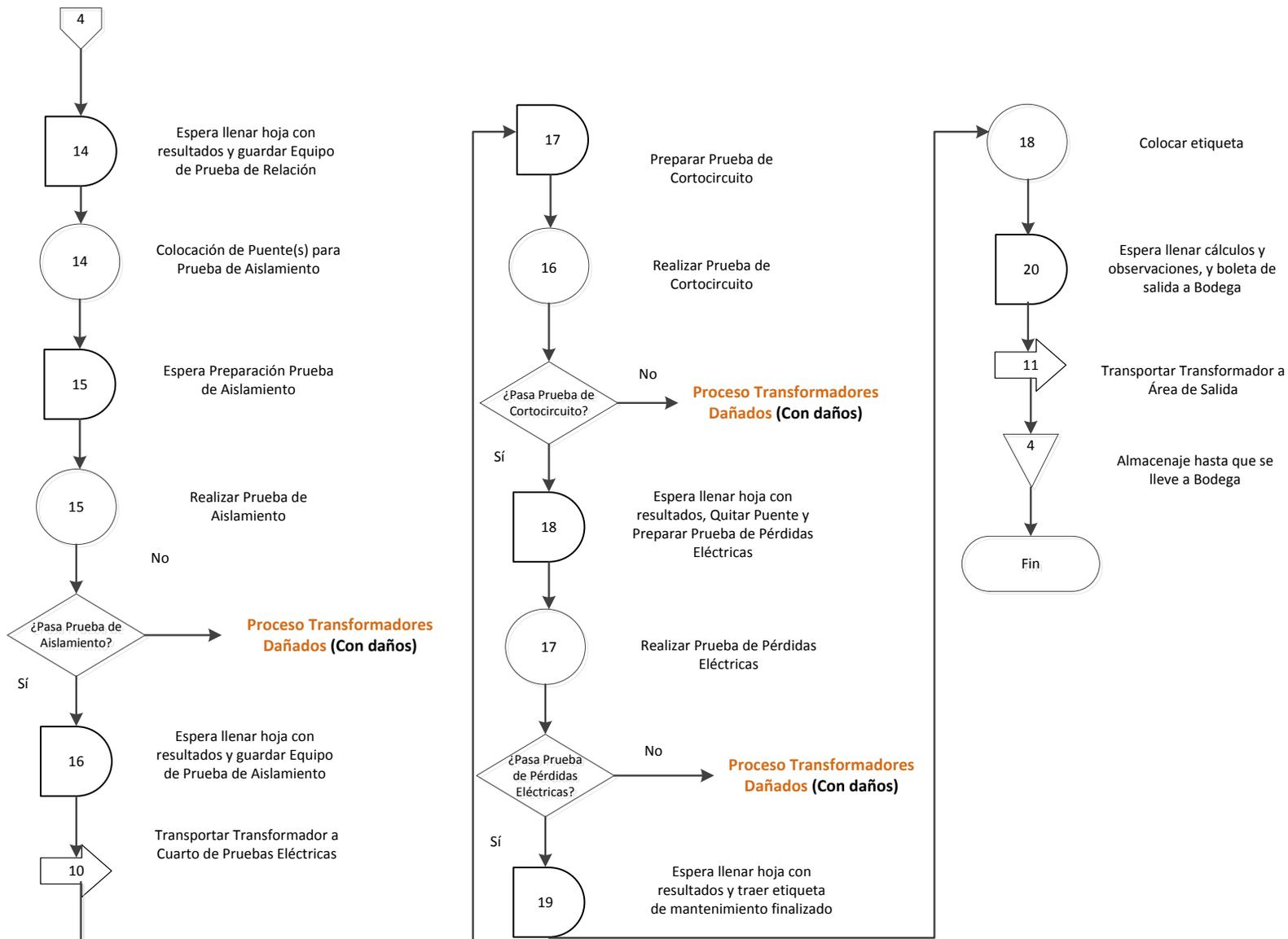
Cada prueba conlleva su respectiva anotación de los resultados, preparación y guardado de equipos. Se finaliza con las mismas operaciones de salida del diagrama anterior.

**Proceso Transformadores
sólo Cambio de Aceite**



Fuente: Elaboración Estudiante

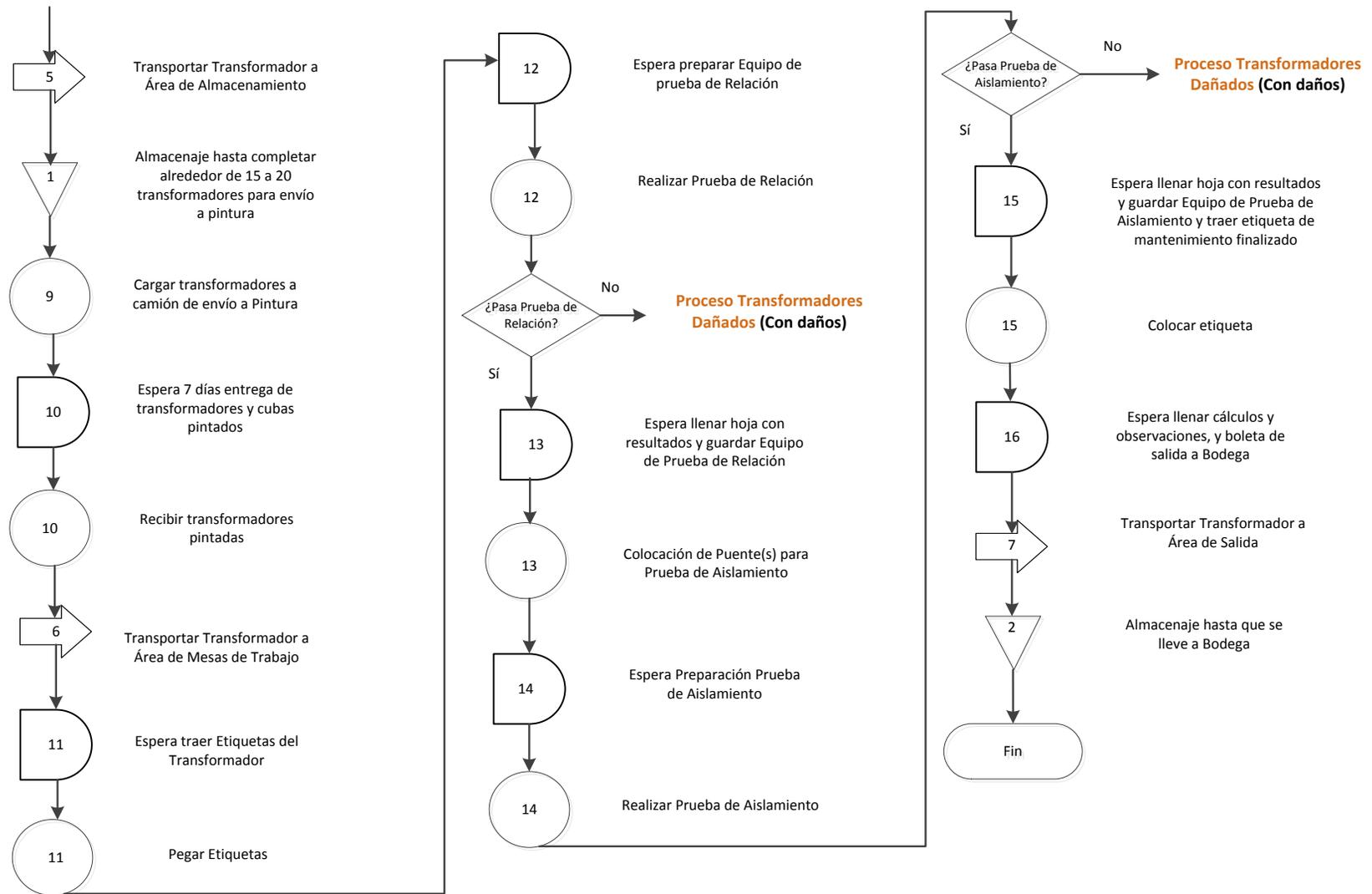
Figura No. 23 Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador con sólo cambio de Aceite



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 24 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador con sólo cambio de Aceite

Proceso Transformadores a Pintura



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 25. Diagrama de Proceso Mantenimiento Transformador que requiere Pintura

La Figura No. 25 describe el proceso que sigue un transformador que se envía a pintar cerrado y lleno de aceite, el cual es similar al descrito para las cubas enviadas a pintura. Se almacena hasta completar entre 15 y 20 transformadores y cubas.

Cuando estos regresan al Taller pintados, su siguiente paso será ingresar al área de las mesas de trabajo donde se les realizarán las pruebas de salida, que son las mismas pruebas de relación y aislamiento que se le hicieron al transformador antes de irse a pintura, sólo que se les aplican otra vez antes de enviar a bodega de Inventarios debido a que podrían haber sufrido algún golpe o daño durante su traslado. En la Prueba de Relación se realiza sólo una medición, en la posición número 3 del cambiador de TAPS.

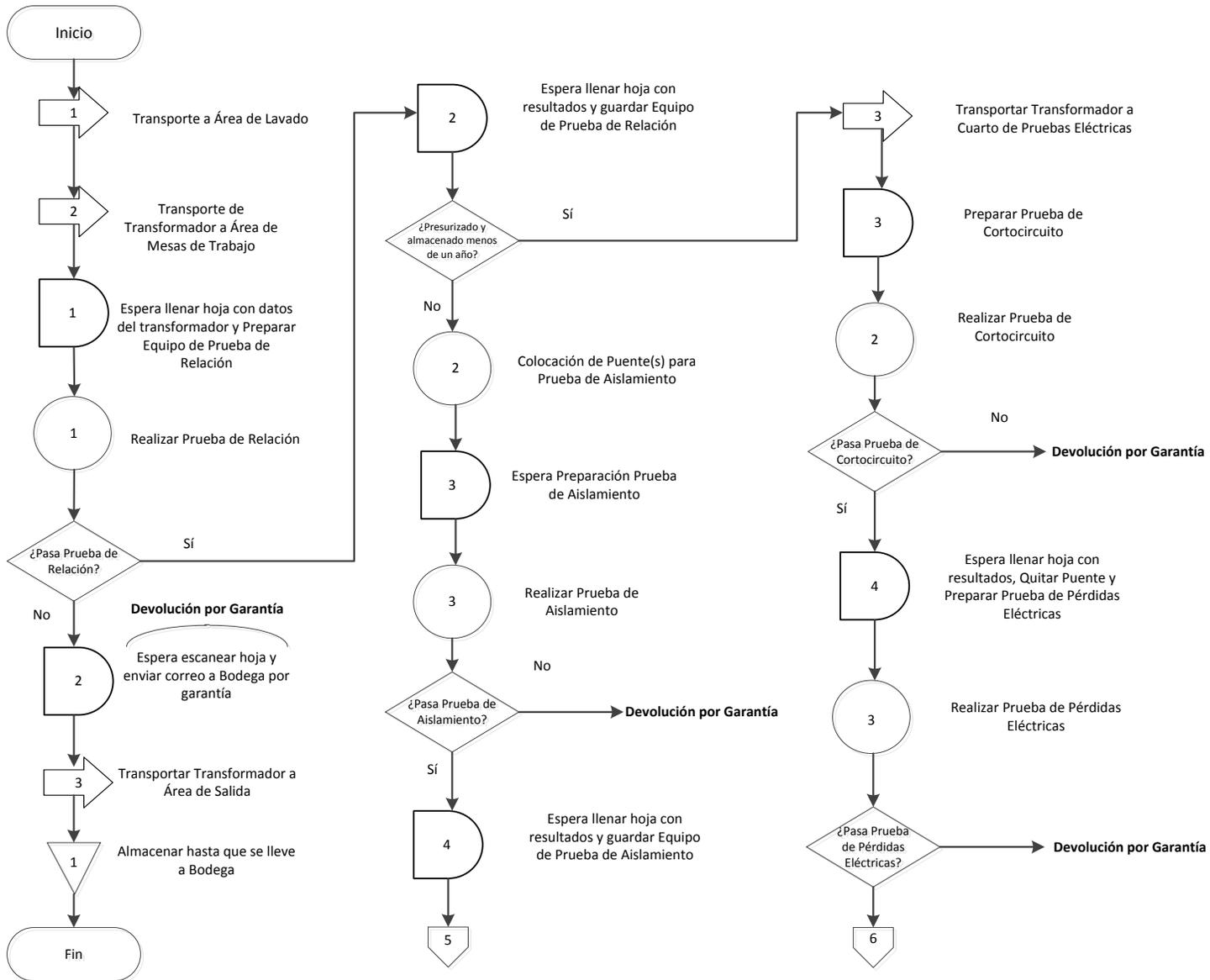
Como los transformadores no se desarmaron ni se les extrajo el núcleo no requieren pruebas eléctricas, por tanto, el mantenimiento terminaría colocando la etiqueta de salida y llenando cálculos y los datos finales en la hoja, así como después se traslada hacia el área de salida del Taller.

Por último la Figura No. 26 representa el proceso del mantenimiento que se realiza a los transformadores nuevos, los cuales se mantienen en la bodega de inventarios y cuando se requieren para los trabajos en campo son enviados al taller para realizarle las pruebas de relación, aislamiento y eléctricas.

El transformador nuevo ingresa en una tarima individual y se dirige al área de mesas de trabajo. Primero, se le realiza la prueba de Relación tomando los datos de las cinco posiciones del cambiador de TAPS, luego las pruebas eléctricas y se anotan sus respectivos resultados.

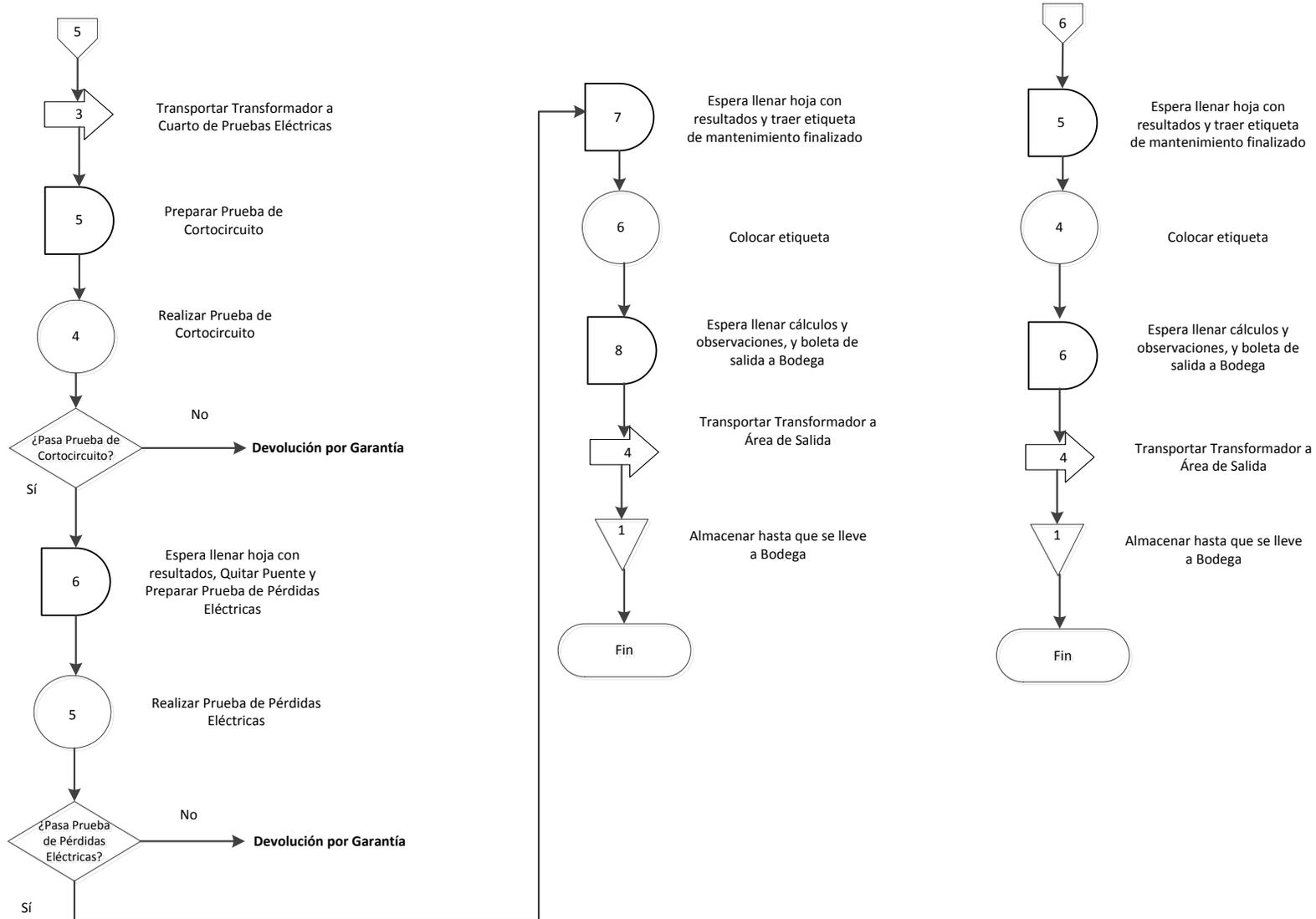
Una excepción a lo anterior sucede cuando el transformador nuevo llega despresurizado (su válvula de alivio fue manipulada) o posee más de un año en la bodega de inventarios esperando por su uso. En este caso se debe realizar la prueba de aislamiento también. Al final del proceso, se le coloca la etiqueta de salida y se completan los cálculos, observaciones y boleta de salida. Se lleva al área de Salida para que lo recoja Bodega.

Si el transformador nuevo no pasa alguna de las pruebas no se califica como dañado, sino que se debe devolver a bodega por reclamo de garantía: en este caso el operario debe dirigirse a la oficina con la hoja de mantenimiento donde se han anotado los resultados, ésta se escanea y se envía por correo con las explicaciones de la devolución a bodega por motivo de garantía. Por último se almacena en el área de salida para su entrega a bodega.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 26 Diagrama de Proceso Mantenimiento de Transformador Nuevo

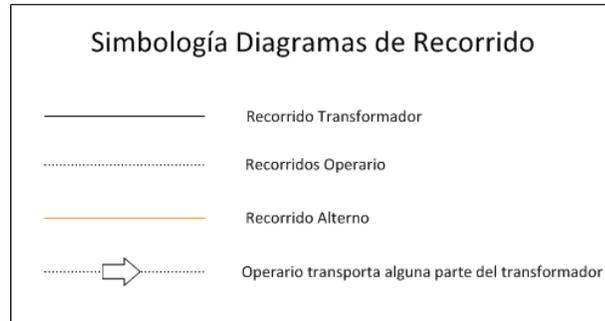


Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 27 Continuación Diagrama de Proceso Mantenimiento de Transformador Nuevo

Análisis Diagramas de Recorrido de los procesos de Mantenimiento de transformadores

A continuación, se presentan los diagramas de recorrido que muestran la ubicación en las instalaciones del Taller Eléctrico de los pasos descritos en los diagramas presentados anteriormente. Para su mejor comprensión se describe en la figura No. 28 la simbología asociada a éstos.

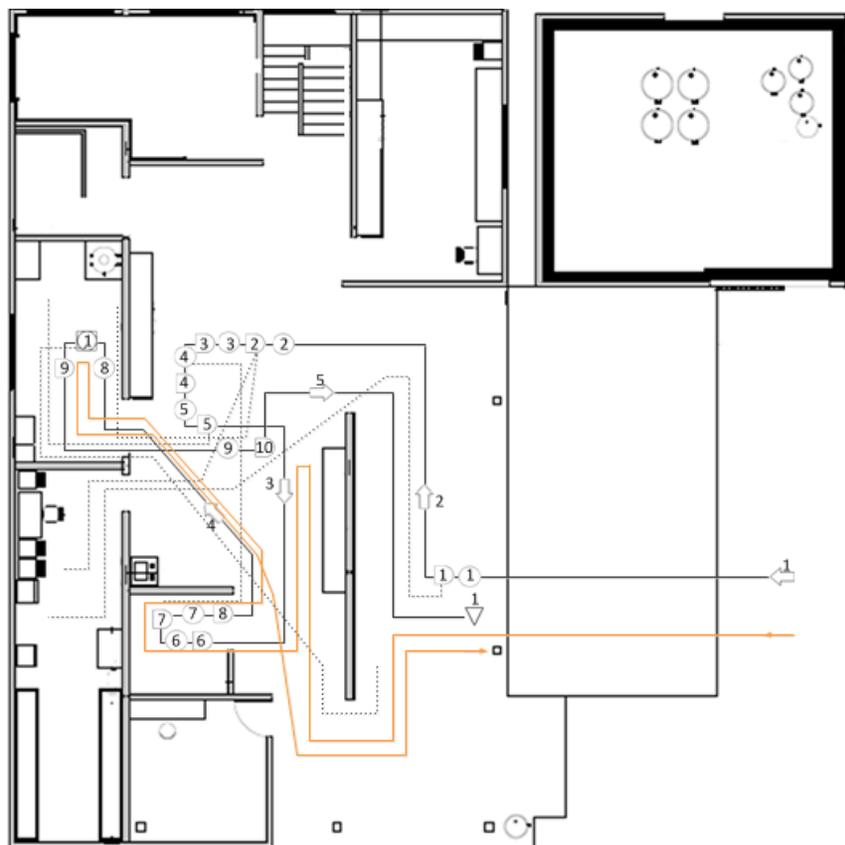


Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 28 Simbología de los diagramas de recorrido de los Procesos de Mantenimiento de Transformadores

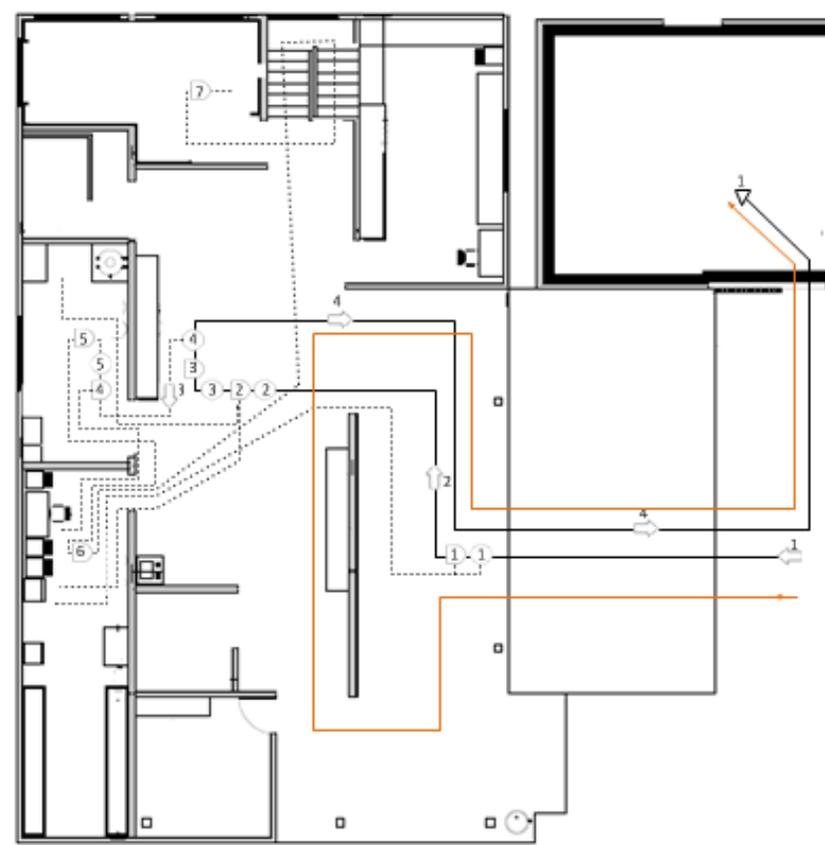
El primer diagrama corresponde al recorrido del proceso de mantenimiento para un transformador que pasa todas las pruebas. Este se presenta en la Figura No. 29. El transformador ingresa por el área de Lavado (que es también el área de salida a bodega) y después de ser lavado ingresa al taller. La línea punteada en la demora número 1 indica el recorrido que el operario debe realizar a la bodega de suministros para traer la máquina de lavado y luego ir a dejarla a esta misma bodega. El recorrido principal se indica para la mesa de trabajo 2, el conjunto de pasos desde la operación 2 hasta la demora 5 se pueden ejecutar igualmente en la mesa de trabajo 1.

En dicho conjunto de pasos el operario se desplaza al cuarto seco para traer los equipos o máquinas de las pruebas de relación de transformación y aislamiento, así como recorre también otra distancia hacia la bodega de suministros para traer las hojas en limpio en las que anota los resultados de las pruebas.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 29 Diagrama de Recorrido Transformador para todas las pruebas



Fuente: Elaboración Estudiante

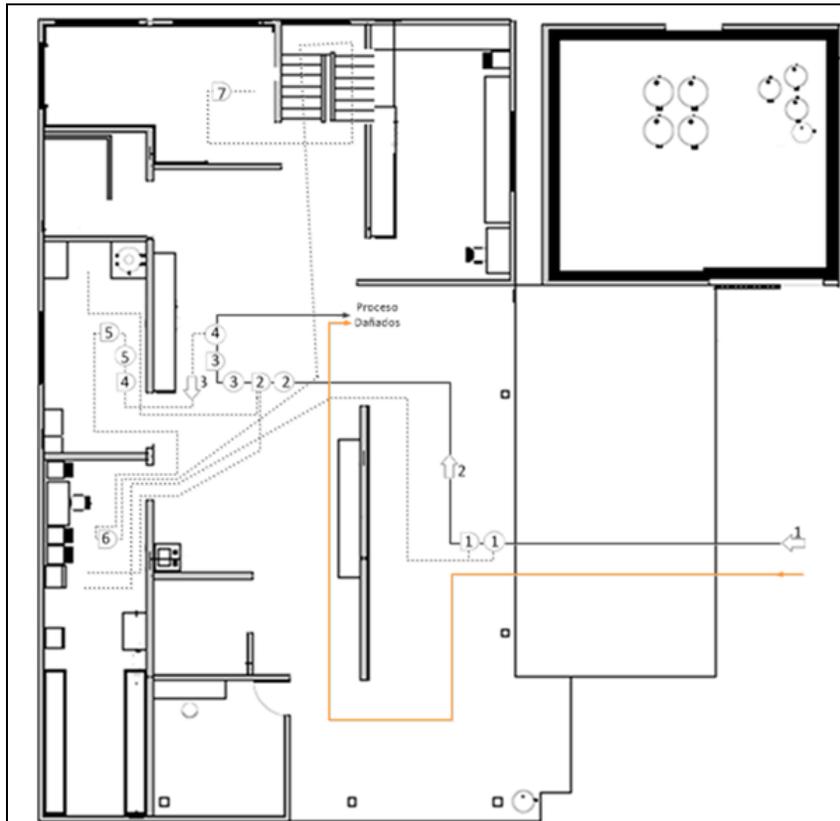
Figura No. 30 Diagrama de Recorrido Transformador Sospechoso de PCB Positivo

En la operación 4 se requiere colocar puentes en los transformadores y por lo que el operario debe ir al cuarto de pruebas eléctricas donde éstos se encuentran almacenados. Luego, el transformador se traslada a este cuarto para las pruebas de cortocircuito y de pérdidas eléctricas y de ahí al cuarto seco donde se revisa su aceite y se le cambian los empaques. Una vez que se debe cerrar su tapa, los operarios acostumbran lavar el aro de ésta, para lo que deben desplazarse hasta el área de lavado donde se encuentra una pila. Por último, el transformador es llevado hacia el área de salida donde se almacena para que bodega lo reciba.

En la Figura No. 30 se muestra el recorrido para un transformador que es sospechoso de PCB y cuyo resultado en la prueba de colorimetría es positivo. Este transformador mantiene la misma secuencia inicial del recorrido explicado anteriormente, pero no se le realizan las pruebas anteriores sino que una vez dentro del Taller, el operario va a la bodega de suministros en busca de la hoja en limpio del frasco o envase donde se colocará la muestra de aceite del transformador. También el operario debe traer la máquina de etiquetas del cuarto seco para digitar una etiqueta especial que se pegará en el frasco con la muestra.

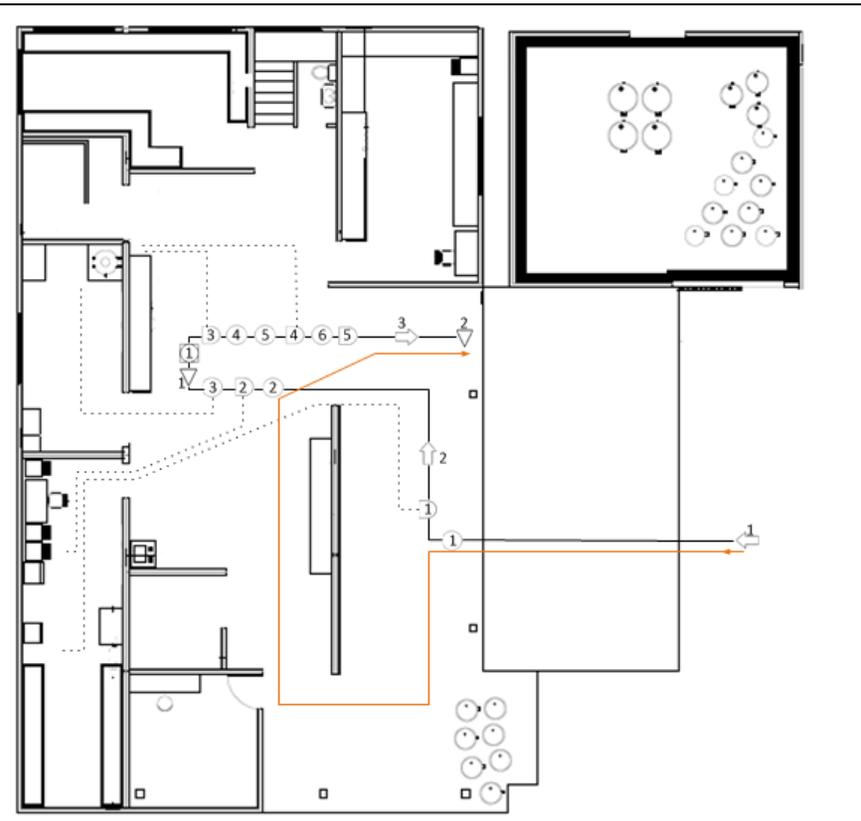
Seguidamente se traslada esta muestra hacia el cuarto seco y se trae el kit de la prueba de colorimetría (demora 4), mismo que se encuentra almacenado en la bodega de suministros. En el cuarto seco se lleva a cabo la prueba y se anota su resultado, en este caso positivo. El operario lleva al cuarto de suministros el kit de la prueba realizada así como la muestra y se dirige hacia su oficina para ingresar al sistema los resultados. Luego el transformador, que aún está en la mesa de trabajo, es llevado a la salida del taller de donde se pasará a la bodega utilizada para almacenar este tipo de transformadores.

En la Figura No. 31 se muestra el recorrido para un transformador sospechoso de PCB cuyo resultado es negativo, en este caso sigue la misma descripción anterior pero en lugar de ser llevado a la bodega de transformadores con PCB se le realiza



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 31 Diagrama de Recorrido Transformador Sospechoso PCB Negativo



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 32 Diagrama de Recorrido Transformador Dañado

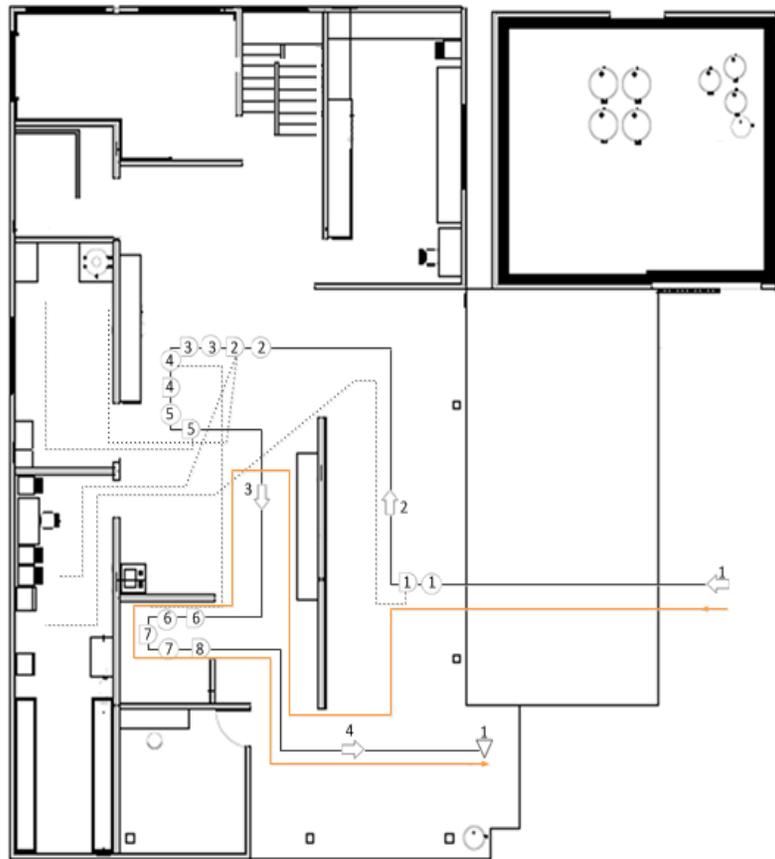
el proceso de un transformador dañado, y sigue el recorrido que se muestra en la Figura No. 32 a partir del almacenamiento 1. El recorrido de un transformador dañado puede ser diferente dependiendo de en qué parte del mantenimiento el transformador falla, tal y como se describió en los diagrama de proceso, pero en este caso se describe el recorrido para cuando un transformador usado falla en la prueba de relación. Así, si un transformador falla en las pruebas eléctricas o en el horno seguirá a partir del recorrido que llevaba hasta ese momento con el almacenamiento 1 mostrado en el diagrama de la Figura No. 32.

Los recorridos del operario que se muestran en las demoras 3 y 4 corresponden respectivamente a traer y luego ir a dejar la máquina de extracción de aceite. El transformador listo para ser desechado se almacena provisionalmente en el área donde se muestra el almacenamiento 2 para luego ser llevado al área de salida donde será recibido por bodega.

En las Figuras No. 33 y No. 34 se muestran los recorridos de los transformadores que poseen bajo aislamiento o requieren cambio de aceite hasta el paso de almacenado para completar la cantidad de 15 a 20 transformadores que requieran estos procesos. En el caso del recorrido para un transformador con bajo aislamiento se sigue el mismo proceso de un transformador que pasa todas las pruebas hasta concluir las pruebas eléctricas, es decir, no ingresa al cuarto seco sino que del cuarto de pruebas eléctricas pasa a ser almacenado fuera del Taller.

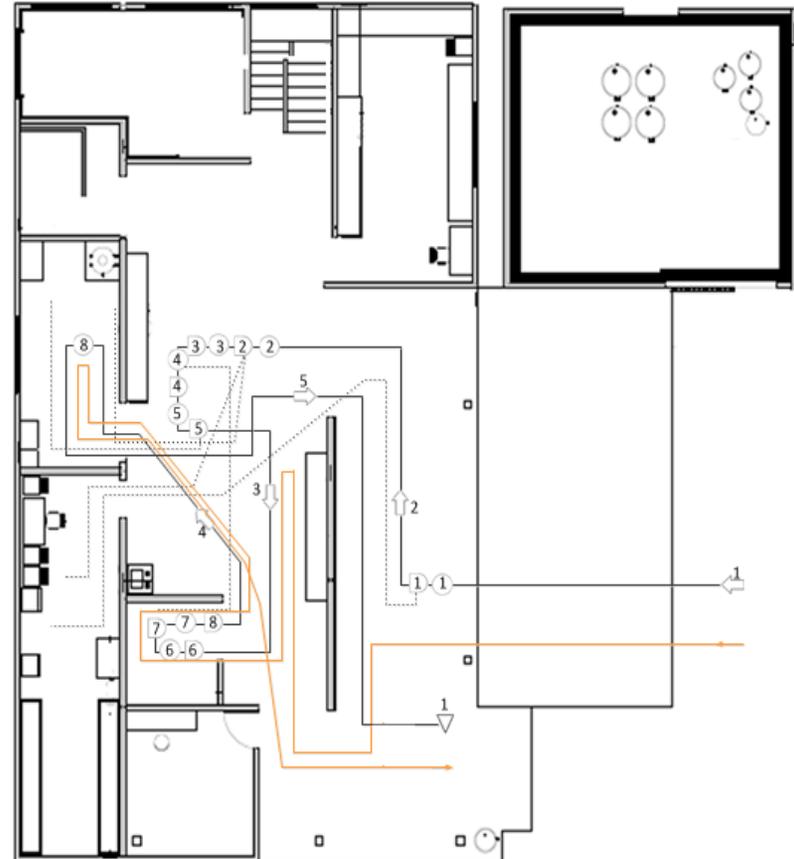
Lo anterior sucede también con el transformador que requiere cambio de aceite, sólo que este llegaría su recorrido hasta el cuarto seco donde al abrir su tapa se determina que se enviará a proceso de cambio de aceite por lo que se cierra su tapa y se traslada al área de almacenamiento fuera del taller junto a los que requieren proceso de bajo aislamiento.

En el diagrama de la Figura No. 35 se muestra el recorrido para los transformadores de bajo aislamiento y cambio de aceite después del paso de almacenamiento debido a que siguen el mismo proceso.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 33 Diagrama de Recorrido Transformador Bajo Aislamiento hasta Almacenado



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 34 Diagrama de Recorrido Transformador Cambio de Aceite hasta Almacenado

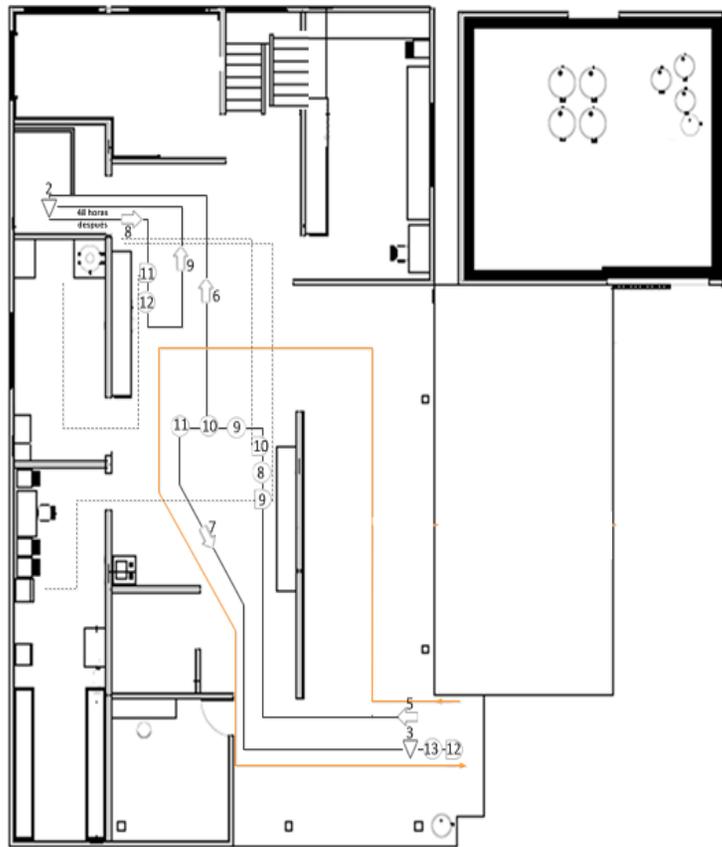
Los transformadores ingresan al Taller de nuevo. El operario se dirige hacia la bodega de suministros para traer la hoja del mantenimiento en proceso donde se anotará en observaciones la fecha en la que se extrajo el núcleo del transformador para ser ingresado en el horno (demora 9).

Después se extrae el aceite del transformador para lo cual el operario va a traer la máquina de extracción de aceite y luego la regresa. Una vez que se ha drenado el aceite se extrae el núcleo y se coloca sobre una tarima que será llevada al horno. La cuba se limpia y se lleva otra vez al área de almacenamiento fuera del taller.

El núcleo permanece 48 horas dentro del horno, y una vez que se ha cumplido dicho tiempo el operario saca este para realizarle una prueba de aislamiento, para lo que debe ir al cuarto seco por la máquina de dicha prueba. Si el núcleo pasa la prueba su cuba es enviada a pintura, sino se desecha. Puede que su cuba sea enviada a pintura si se quiere utilizar como repuesto para algún otro transformador.

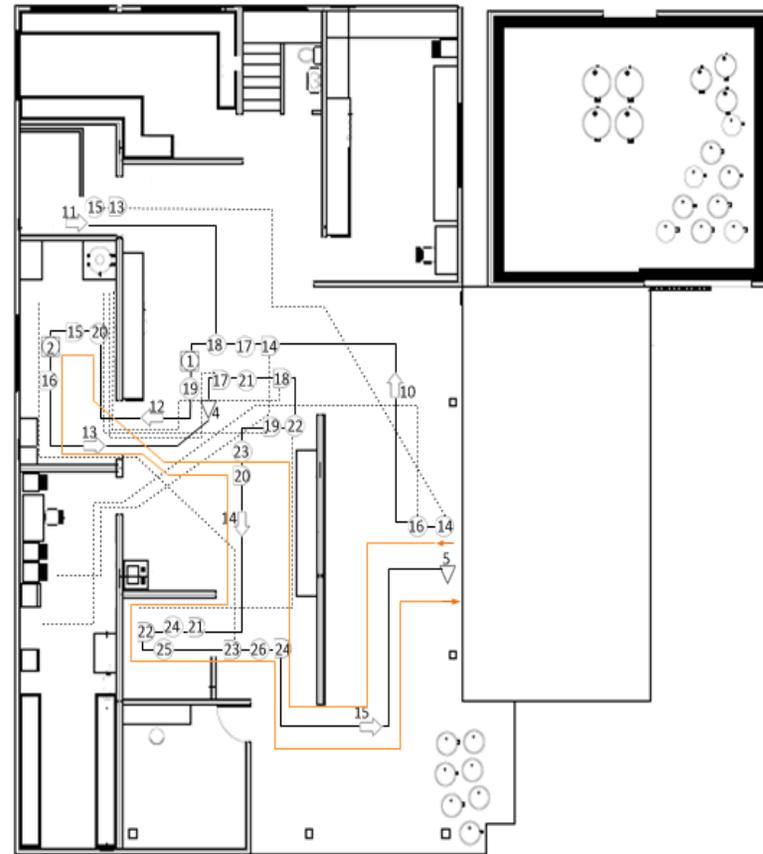
En la Figura No. 36 se muestra el recorrido de estos transformadores al llegar sus cubas pintadas de nuevo al Taller. Primero el operario se desplaza a la bodega de suministros para traer la máquina de lavado, esto porque del proceso de pintura llegan con un poco de arena debido al método “sandblasting”. Luego, las cubas lavadas son llevadas dentro del taller: allí, el operario trae su hoja de mantenimiento en proceso y sus etiquetas desde la bodega de suministros. El operario saca el núcleo del horno y lo coloca dentro de la cuba.

Posteriormente, se cambian los empaques y se lleva al cuarto seco para ser llenado con aceite, una vez llenado se cierra su tapa y se lleva a la mesa de trabajo donde permanecerá durante 24 horas para permitir el reposo del aceite. Pasado este tiempo se aplican las pruebas de relación, aislamiento y eléctricas para lo cual el operario y el transformador realizan los mismos recorridos correspondientes a estos pasos.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 35 Diagrama de Recorrido transformador Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite después de Almacenado



Fuente: Elaboración Estudiante

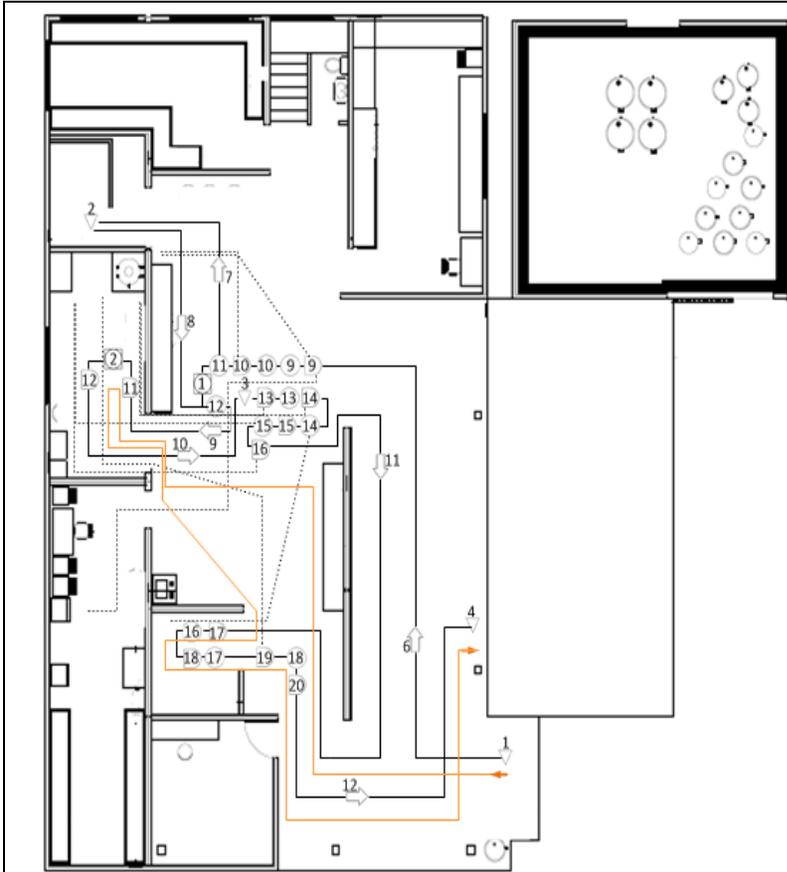
Figura No. 36 Diagrama de Recorrido Transformador Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite después de Pintura

Por último se les coloca la etiqueta de salida para lo cual el operario debe ir al cuarto seco por la máquina de etiquetas y después se lleva el transformador al área de salida.

La Figura No. 37 presenta el recorrido para un transformador que sólo requiere cambio de aceite, con los pasos a partir del almacenamiento de estos fuera del taller. Una vez completada la cantidad requerida de transformadores se ingresan al Taller. El operario trae la hoja de mantenimiento en proceso. En la mesa de trabajo se extrae su núcleo y se coloca dentro del horno durante una hora, y se cambian los empaques. Luego se trae el núcleo y se coloca dentro de la cuba y se lleva al cuarto seco para ser llenado de aceite.

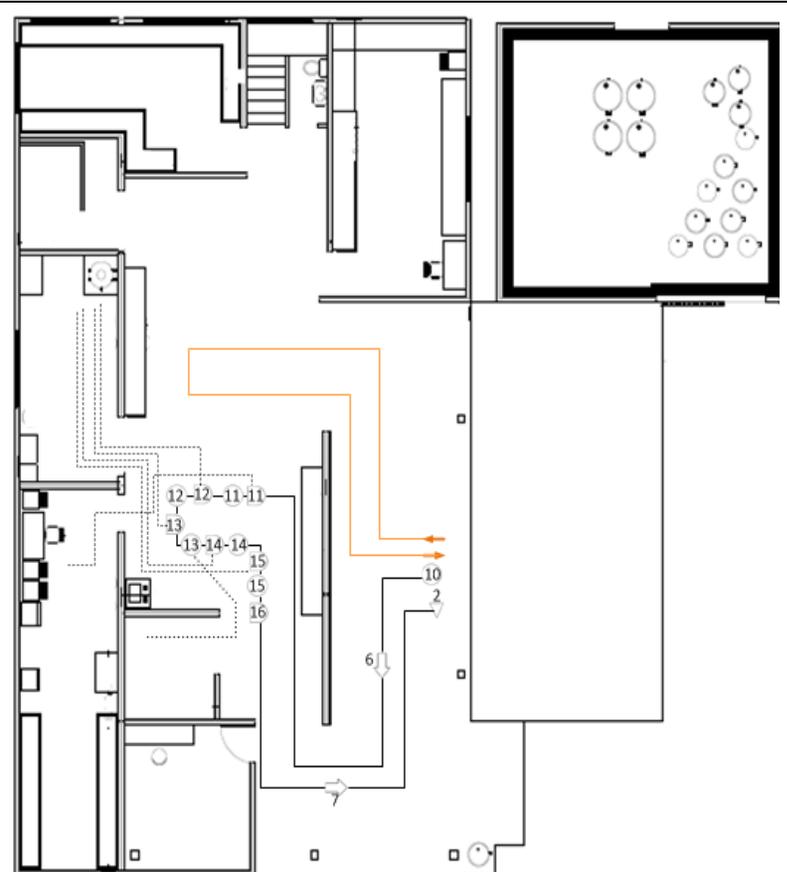
Una vez llenado, sigue los mismos pasos descritos anteriormente: se deja en reposo durante 24 horas y se le aplican las pruebas de relación, aislamiento y eléctricas. Para estas el operario realiza recorridos hacia el cuarto seco y al cuarto de pruebas eléctricas para traer las máquinas y los puentes requeridos, respectivamente. Por último se traslada el transformador al área de salida. En este diagrama se muestra el recorrido de la mesa 2 hacia el cuarto de pruebas eléctricas por la parte externa del taller, para ejemplificar la forma en la que se daría este transporte si el área de la mesa 1 estuviera ocupada con transformadores en proceso.

La Figura No. 38 muestra el recorrido para el transformador que pasó todas las pruebas pero que se envió a pintura cerrado. Por tanto, siguiendo la secuencia de pasos del diagrama de proceso para un transformador que pasa todas las pruebas se inicia con la operación 10 donde se reciben los transformadores de pintura y se llevan dentro del Taller. Seguidamente el operario se desplaza a la bodega de suministros para traer las etiquetas y la hoja de mantenimiento en proceso. Luego debe realizar otro recorrido para traer las máquinas para la prueba de relación y la de aislamiento, y para la aplicación de ésta última prueba debe ir al cuarto de pruebas eléctricas a traer los puentes. Finalmente trae la máquina de etiquetas para el etiquetado de salida y lleva al transformador al área de salida hacia bodega.



Fuente: Elaboración Estudiante

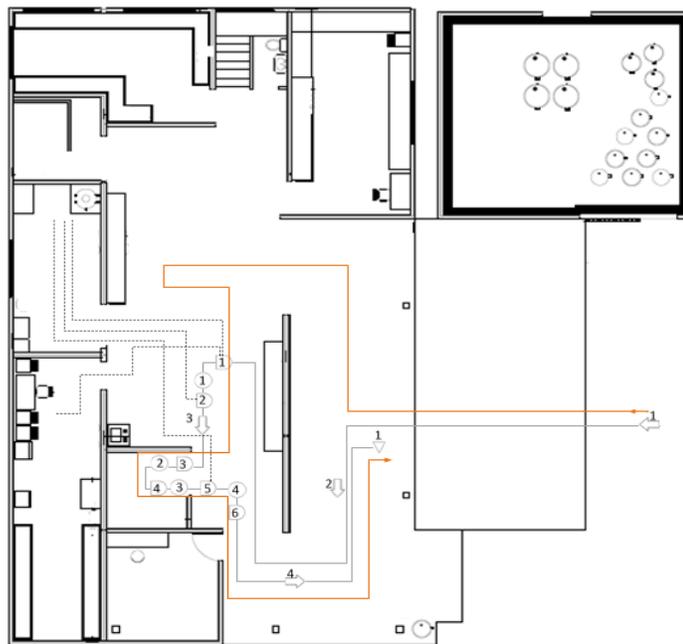
Figura No. 37 Diagrama de Recorrido Transformador sólo Cambio de Aceite sin Pintura



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 38 Diagrama de Recorrido Transformador Sólo requiere Pintura

El último diagrama de recorrido que se presenta es el de un transformador nuevo. Este se observa en la Figura No. 39 y presenta los pasos que requiere un transformador de este tipo sin la aplicación de la prueba de aislamiento. El transformador básicamente se lleva del área de lavado a las mesas de trabajo donde se les aplica la prueba de relación (en esta misma ubicación se le realizaría la de aislamiento si ese fuera el caso) y luego se llevan al cuarto de pruebas eléctricas para las pruebas de cortocircuito y la de pérdidas eléctricas. El operario realiza los mismos recorridos para traer la máquina de relación, las etiquetas y la hoja de mantenimiento en limpio. Finalmente se lleva el transformador al área de salida del Taller.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 39 Diagrama de Recorrido Transformador Nuevo Prueba Relación y Eléctricas

Estudio de Tiempos de los Procesos de Mantenimiento de los Transformadores

Para realizar el estudio de tiempos en los trabajos de mantenimiento de los transformadores se observó los diferentes procesos que se llevan a cabo en estos equipos. Los transformadores que ingresan al taller eléctrico pueden ser nuevos o usados y hay de tipo convencional o autoprotegido. Su tamaño varía según la potencia y ésta se expresa en kilovoltamperios (kVA). Las potencias que se presentan en el Taller son: (5, 10, 15, 25, 37.5, 50, 75 y 100) kVA.

Una vez observados los procesos se realiza la división de los elementos que componen las tareas u operaciones, de tal manera que se diferencien los elementos según su tipo (operaciones, transportes, demoras, entre otros). (Ver Apéndice 3).

Para la recopilación de los tiempos se crea un formato de hoja (Ver Apéndice 4) en el que no hay distinción entre los procesos por observar, sino que permite documentar el elemento que se presente durante la toma de tiempos, debido a que en los procesos de mantenimiento de los transformadores se desconoce las condiciones del equipo al inicio del proceso, mas conforme se avanza en la realización de las diferentes pruebas, se determinan las otras etapas del mantenimiento que deberá seguir el transformador. También cabe explicar que algunos elementos no se presentan con frecuencia en el taller por lo que la herramienta creada permite recopilar los tiempos de estos elementos en la misma hoja en la que se estaban recopilando otros tiempos en dicho momento.

Otro aspecto importante es que los transformadores ingresan al Taller agrupados en tarimas (excepto los nuevos que ingresan en tarimas individuales), asignadas de acuerdo con la cantidad y potencia de estos, tal como se indicó anteriormente. Sin embargo, el estudio de los tiempos se aplica a cada transformador y no al lote contenido en la tarima, puesto que no se agrupan según su tipo de mantenimiento (desconocido en un inicio); por lo tanto, en una misma tarima se pueden presentar transformadores, cada uno un tipo diferente de mantenimiento.

No obstante, se presentan elementos cuyo tiempo es el mismo si se tratase de un solo transformador, que de un grupo de estos, por ejemplo la preparación de un equipo de una prueba. Este aspecto se mostrará más adelante.

Una vez recolectados los tiempos de los diferentes elementos se determina la cantidad de muestra de ciclos por cronometrar recomendada para cada uno de ellos a un 5% de error utilizando la Fórmula No. 2 mostrada en el capítulo del Marco Teórico (Ver Apéndice 5). Luego se toman los datos y se les determina la media, la desviación estándar, la mediana y se les aplica la prueba de normalidad por medio del software Minitab (Ver Apéndice 6). A las medias de los tiempos obtenidos para cada elemento se les añaden los suplementos u holguras y se obtiene el tiempo estándar para los elementos (Ver Apéndice 7).

Elaboración de Cursogramas

A partir del estudio de tiempos, se elaboran los cursogramas analíticos de los procesos. Estos se muestran en el Apéndice 8, sin embargo se explicará uno de ellos en este capítulo y se mostrará el resumen de los resultados obtenidos. En la Figura No. 40 se muestra el cursograma del proceso de mantenimiento para un transformador usado que pasa todas las pruebas.

En este diagrama se muestra información referente al tipo de mantenimiento, se divide en el área de trabajo dónde se ejecuta, es decir Mesa 1 o Mesa 2. El diagrama indica también el tipo de transformador, convencional o autoprotegido. distinción que no aplica para todos los procesos porque en algunos no es una variable que influya en el tiempo del proceso.

Los elementos que se encuentran en blanco corresponden a los pasos del proceso que se realizan para un solo transformador, mientras que los elementos representados en gris muestran los pasos que se deben efectuar tanto para un solo transformador como a un grupo determinado de estos; por ejemplo, si se van

Cursograma Analítico de Procesos		Material						
Diagrama No. 1	Hoja 1 de 2	Resumen		Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo		Actividad	○	26				
Método: Actual		Demora	○	30				
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L		Transporte	⇒	4				
Colaborador: Mesa 1		Oper-Inspección	○	1				
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Mesa 1		Almacenaje	▽	1				
		Distancia (metros)		43,8				
		Tiempo (minutos)		102,075				
		Costo Mano de Obra (colones)		1959,84				
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones		
			○	○	⇒	○	▽	
Enjabonado		0,573	○					
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○					
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○					
Transformador Lavado		2,576	○					
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	⇒					Tiempo Tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○					
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○					
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	○					
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○					
Espera traer tecele		0,629	○					
Acomodado para las pruebas		0,595	○					
Espera dejar tecele		0,629	○					
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○					
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○					
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	○					
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	○					
Preparado para prueba de Relación		0,441	○					
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	○					5 posiciones
Espera anotar resultados Prueba de Relación Transf.		0,505	○					5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	○					
Espera Llevar máquina de relación a cuarto seco		0,353	○					
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	○					
Puentes Colocados		1,370	○					2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	○					
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	○					
Terminales Convencional Calentadas		2,841	○					
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	○					3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	○					3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	○					3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	○					
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	○					
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	⇒					Tiempo Tarima
Puente removido del transformador		0,811	○					Convencional
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	○					
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	○					
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	○					
Puente removido del transformador		0,811	○					
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	○					
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	○					
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	○					
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	○					
Transporte de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	13,3	0,796	⇒					Tiempo Tarima
Espera preparación de herramientas		1,259	○					
Tapa del Transformador abierta		2,681	○					
Envase de muestra ambientado		2,853	○					
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)		1,208	○					
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada		1,111	○					
Empaques cambiados desde el transformador		30,323	○					
Aro de Tapa lavado		2,370	○					
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite		3,171	○					
Espera anotar resultados prueba de Aceite transformador		0,678	○					
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	○					se está dentro de cuarto seco
Espera impresión de etiqueta		0,095	○					
Etiqueta de salida pegada		0,226	○					
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631	○					
Espera Llenar Observaciones		0,530	○					
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	○					

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 40 Cursograma del Proceso de Mantenimiento de un transformador usado que pasa todas las pruebas

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 1		Hoja 2 de 2		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	26			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	30			
Colaborador: Mesa 1				Transporte	4			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Mesa 1				Oper-Inspección	1			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	43,8			
				Tiempo (minutos)	102,075			
				Costo Mano de Obra (colones)	1959,84			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo					Observaciones
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○	○	□	□	▽	
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	●					
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●					
Transporte de cuarto seco a área de salida	14,7	1,610	●					Tiempo Tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega			●					
Total	43,8	102,075	26	30	4	1	1	

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 41 Continuación Cursograma del Proceso de Mantenimiento de un Transformador usado que pasa todas las pruebas

a lavar cinco transformadores que vienen en una tarima el operario va a la bodega de suministros a traer la máquina de lavado lo que implica un tiempo para ese paso, mas si se deben lavar diez transformadores (dos tarimas aproximadamente) el operario va por la máquina de lavado y tarda el mismo tiempo anterior, lo mismo si se trata de lavar uno o dos transformadores. Sin embargo, esta operación de lavado se presenta comúnmente en el taller para una frecuencia de dos tarimas, es decir, los operarios no acostumbran lavar tres tarimas. Lo anterior influye en cómo calcular el tiempo unitario para cada tipo de mantenimiento, aspecto que se explicará más adelante en el desarrollo del modelo de cálculo de capacidad.

En el cursograma se muestra también la distancia actual recorrida por los transformadores, los tiempos para cada paso del proceso y algunas observaciones sobre el tiempo que se presenta para dicho paso que posee una descripción en la columna "Observaciones". Una de estas observaciones es por ejemplo la que dice "5 posiciones", esto indica que el tiempo de ejecución de la prueba de relación es el tiempo mostrado en el cuadro de los tiempos con suplementos (Apéndice 7) multiplicado por 5, debido a que dicho paso se realiza 5 veces porque el cambiador de Taps posee cinco posiciones para tomar un dato de cada una. Se

muestra de esta manera, para no colocar el mismo elemento de manera repetida en el cursograma.

En la tabla resumen del cursograma se muestra la cantidad de pasos según su tipo para cada proceso. Al respecto, es necesario aclarar que en estos diagramas se utiliza una mayor cantidad de pasos que los que se explicaron en los diagramas de proceso y de recorrido en páginas anteriores, debido a que se dividió el proceso en la cantidad de elementos que permitiera tomar los tiempos de cada demora, operación, transporte, entre otros con mayor detalle, para la observancia de mejoras a dichos tiempos específicos.

Por otra parte, en este cursograma de la Figura No. 40 no se muestra el tiempo del almacenamiento final de este proceso de mantenimiento porque el mismo, según el alcance del proyecto, no se está estudiando en esta ocasión; este tiempo es lo que permanece en el área de salida para ser llevado a bodega y en algunas ocasiones los trabajos terminados se llevan al área bajo la rampa del taller si se requiere liberar espacio, o si bodega los recibe en ese momento entonces salen del taller.

Para los cursogramas de otros tipos de mantenimiento (mostrados en el Apéndice 8) tampoco se muestran los tiempos de almacenamiento de los núcleos en el horno (48 horas) o el tiempo de almacenamiento en reposo de aceite (24 horas), esto porque en la tabla resumen de cada cursograma se muestra un costo que equivale al costo de mano de obra, y este solo toma en cuenta el tiempo que el operario dedica al transformador y no el que se atribuye a los almacenamientos de los transformadores o sus partes. No obstante, en el desarrollo del modelo de cálculo de capacidad estos tiempos si forman parte del cálculo del tiempo de proceso de cada mantenimiento.

En la hoja de este cursograma se aprecia que la cantidad de demoras es mayor que cualquier otro tipo de paso. Esta situación es similar en los otros tipos de mantenimiento. Sin embargo, tal como se ejemplifica en el Cuadro No. 9 el

porcentaje mayor del total del tiempo de proceso (tiempo operativo del colaborador) de este mantenimiento lo conlleva los pasos de operaciones.

Cuadro No. 9 Porcentaje del Tiempo total destinado a cada tipo de actividad o paso en proceso de mantenimiento de transformadores usados que pasan todas las pruebas

<i>Actividad</i>		<i>Tiempo Actual</i>	<i>%</i>
<i>Operación</i>	○	38,102	37%
<i>Demora</i>	⊐	28,965	28%
<i>Transporte</i>	⇨	4,685	5%
<i>Oper-Inspección</i>	⊗	30,323	30%
<i>Almacenaje</i>	▽	0	0%
Tiempo		102,075	100%

Fuente: Elaboración Estudiante

Esta condición varía según el tipo de mantenimiento, como por ejemplo en el Cuadro No. 10, dónde se muestra el resumen porcentual para los pasos del proceso de mantenimiento de transformadores nuevos y en este caso el porcentaje mayor del tiempo lo poseen las demoras.

Cuadro No. 10 Porcentaje del Tiempo total destinado a cada tipo de actividad o paso en proceso de mantenimiento de transformadores nuevos

<i>Actividad</i>		<i>Actual</i>	<i>%</i>
<i>Operación</i>	○	9,258	38%
<i>Demora</i>	⊐	13,163	54%
<i>Transporte</i>	⇨	1,974	8%
<i>Oper-Inspección</i>	⊗	0	0%
<i>Almacenaje</i>	▽	0	0%
Total		24,396	100%

Fuente: Elaboración Estudiante

A continuación en el Cuadro No. 11 se muestra el cuadro resumen de los cursogramas realizados, en el cual se muestra el tipo de mantenimiento y su tiempo de proceso (operativo) actual.

En este resumen se incluye la clasificación por mesa de trabajo, sin embargo para efectos prácticos en la utilización del modelo no se realizará diferenciación entre éstas debido a que no se documenta en cual mesa de trabajo fue realizado el

mantenimiento o revisión del transformador. Además, la cantidad de tipos de mantenimiento que tendría el modelo sería mayor si se consideran ambas mesas de trabajo.

Cuadro No. 11 Resumen de Tiempos Operativos actuales de los Procesos de Mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L

Transformador pasa todas las pruebas			
Mesa1_Convencional	Mesa2_Convencional	Mesa1_Autoprotegido	Mesa2_Autoprotegido
102,075	103,071	98,124	99,12
Transformador Nuevo			
Mesa 1 y 2, Convencional o Autoprotegido			
24,396			
Transformador Nuevo Garantía			
Mesa 1 y 2, Convencional o Autoprotegido			
17,022			
Transformador Nuevo con prueba de Aislamiento			
Mesa1_Convencional	Mesa2_Convencional	Mesa1_Autoprotegido	Mesa2_Autoprotegido
37,688	37,878	33,598	33,927
Transformador Sospechoso PCB_Positivo			
Mesa1_Convencional o Autoprotegido		Mesa2_Convencional o Autoprotegido	
50,309		51,249	
Transformador sólo requiere Pintura			
Mesa 1_Convencional	Mesa 2_Convencional	Mesa 1 Autoprotegido	Mesa 2 Autoprotegido
135,286	130,99	127,384	123,088
Transformador Desecho por Año de Fabricación			
Mesa1_10kVA	Mesa1_15kVA	Mesa1_25kVA	Mesa1_100kVA
51,544	51,942	52,695	52,403
Mesa2_10kVA	Mesa2_15kVA	Mesa2_25kVA	Mesa2_100kVA
52,013	52,412	53,164	52,873
Transformador Sospechoco PCB_Negativo			
Mesa1_10kVA	Mesa1_15kVA	Mesa1_25kVA	Mesa1_100kVA
74,457	74,856	75,608	75,317
Mesa2_10kVA	Mesa2_15kVA	Mesa2_25kVA	Mesa2_100kVA
74,927	75,325	76,078	75,786
Transformador Dañado			
Mesa1_10kVA	Mesa1_15kVA	Mesa1_25kVA	Mesa1_100kVA
58,156	58,554	59,307	59,015
Mesa2_10kVA	Mesa2_15kVA	Mesa2_25kVA	Mesa2_100kVA
58,625	59,024	59,776	59,485

Fuente: Elaboración Estudiante

**Cuadro No. 12 Continuación Resumen de Tiempos Operativos actuales de los
Procesos de Mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico de
COOPELESCA R.L**

Transformador Bajo Aislamiento					
Mesa1_Conv_10kVA	Mesa1_Conv_25kVA	Mesa1_Conv_15kVA	Mesa 1_Conv_100kVA	Mesa1_Conv_37,5kVA	Mesa1_Conv_5kVA
218,875	221,024	219,221	223,884	220,476	217,732
Mesa2_Conv_10kVA	Mesa2_Conv_25kVA	Mesa2_Conv_15kVA	Mesa 2_Conv_100kVA	Mesa2_Conv_37,5kVA	Mesa2_Conv_5kVA
216,674	218,823	217,019	221,683	218,275	215,530
Mesa1_Auto_10kVA	Mesa1_Auto_15kVA	Mesa1_Auto_25kVA	Mesa1_Auto_100kVA	Mesa1_Auto_5kVA	Mesa1_Auto_37,5kVA
209,411	209,756	211,560	214,420	208,268	211,012
Mesa2_Auto_10kVA					
207,2095603					
Transformador Cambio de Aceite con pintura					
Mesa1_Conv_10kVA	Mesa1_Conv_25kVA	Mesa1_Conv_15kVA	Mesa 1_Conv_100kVA	Mesa1_Conv_37,5kVA	Mesa1_Conv_5kVA
225,985	228,135	226,331	230,995	227,586	224,842
Mesa2_Conv_10kVA	Mesa2_Conv_25kVA	Mesa2_Conv_15kVA	Mesa 2_Conv_100kVA	Mesa2_Conv_37,5kVA	Mesa2_Conv_5kVA
223,784	225,933	224,129	228,793	225,385	222,64
Mesa1_Auto_10kVA	Mesa1_Auto_15kVA	Mesa1_Auto_25kVA	Mesa1_Auto_100kVA	Mesa1_Auto_5kVA	Mesa1_Auto_37,5kVA
216,521	216,867	218,671	221,531	215,378	218,122
Mesa2_Auto_10kVA					
214,32					
Transformador sólo cambio de Aceite					
Mesa1_Conv_10kVA	Mesa1_Conv_25kVA	Mesa1_Conv_15kVA	Mesa 1_Conv_100kVA	Mesa1_Conv_37,5kVA	Mesa1_Conv_5kVA
194,47	196,62	194,816	199,48	196,071	193,327
Mesa2_Conv_10kVA	Mesa2_Conv_25kVA	Mesa2_Conv_15kVA	Mesa 2_Conv_100kVA	Mesa2_Conv_37,5kVA	Mesa2_Conv_5kVA
193,655	195,805	194,001	198,665	195,256	192,512
Mesa1_Auto_10kVA	Mesa1_Auto_15kVA	Mesa1_Auto_25kVA	Mesa1_Auto_100kVA	Mesa1_Auto_5kVA	Mesa1_Auto_37,5kVA
186,569	186,914	188,718	191,578	185,425	188,169
Mesa2_Auto_10kVA					
185,753					

Fuente: Elaboración Estudiante

No obstante, la clasificación de los tiempos de los procesos de los mantenimientos en transformadores por mesa permite observar que su ubicación, respecto a las áreas del taller, influye en la duración de los procesos de mantenimiento de transformadores.

Para el modelo de cálculo de capacidad se utilizarán, de manera conservadora, los tiempos mayores, es decir, los que se encuentran resaltados en los Cuadros No.11 y No. 12. En relación con lo anterior, es importante explicar que no se obtuvo los tiempos para algunas de las potencias debido a que no se observaron procesos de drenado o llenado de aceite en dichos tipos de transformadores durante el periodo de estudio de tiempos, a pesar de ello, para el modelo se incluirán estas potencias y el tiempo asignado a estos mantenimientos tendrá como faltante el tiempo de estos pasos según corresponda.

Identificación de los datos históricos de mantenimientos en transformadores del Taller Eléctrico

Según lo explicado en páginas anteriores, la aparición de los trabajos de mantenimiento de transformadores en el Taller Eléctrico es variable, por lo tanto se estudian los datos históricos para determinar los mantenimientos presentados por mes en un periodo de tiempo, pero no se define una frecuencia constante para aplicarla en el modelo porque conduciría a resultados inválidos en la práctica del Taller.

Se toma como datos históricos los registros elaborados mensualmente por el Jefe del Taller sobre los trabajos realizados en el taller. Los registros dividen los trabajos en Usados, Nuevos, PCB negativo, PCB positivo, Pintura, Cambio de Aceite, Bajo Aislamiento, en proceso o en espera según su potencia. Lo que no se registra es el tipo de transformador: Convencional o Autoprotegido. Para efectos de análisis se utilizará Convencional como el tipo de transformador, dado que posee un tiempo de proceso mayor al Autoprotegido. El Cuadro No. 13 muestra los datos registrados para transformadores usados y dañados en enero del 2016.

Cuadro No. 13 Registros de los reportes mensuales de trabajos realizados en el Taller Eléctrico enero 2016

POTENCIA	SALIDA DE TRANSFORMADORES U.				TRANSFORMADORES DAÑADOS			
	VOLTAJE (V)			TOTAL	VOLTAJE (V)			TOTAL
	120/240	277/480	240/480		120/240	277	240/480	
5	1				2			
10	27				23			
15	4				17			
25	4				6			
37,5	5				6			
50	3				9			
75	1							
100	1							
TOTAL	46		0	46	63	0	0	63

Fuente: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Se toman los primeros seis meses del año 2016 y se extrae el flujo de trabajos para cada mes. Estos se presentan en el Apéndice No. 9.

Situación Actual de los Tiempos Productivos y No Productivos del Taller

Para determinar los tiempos productivos en el taller eléctrico se decide utilizar la herramienta muestreo de trabajo, ya que sus características permiten evaluar esta situación utilizando menor cantidad de horas totales de medición y, dado que se debe determinar también los tiempos de los procesos de mantenimiento, estudio que es realizado por una sola persona, resulta conveniente en el tiempo disponible para la realización del estudio.

Según Niebel y Freivalds (2009) cuando se desconoce la probabilidad de ocurrencia del evento a estudiar en el muestreo de trabajo es necesario realizar observaciones previas durante dos o tres días para estimar dicha probabilidad y así poder calcular el tamaño de muestra.

Primeramente se seleccionan las actividades que se presentan en el taller en la jornada diaria para clasificarlas como productivas y no productivas. Esta asignación se realiza en conjunto con el Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica. En el Cuadro No. 14 se muestra ésta designación de actividades.

Cuadro No. 14 Asignación de Actividades Productivas y No Productivas del Taller Eléctrico para el muestreo de trabajo Agosto-Septiembre 2016

Actividades Productivas	Actividades No Productivas
<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento de Transformadores (M.T).-Mantenimiento de Pértigas y otros equipos del Taller (M.P y Otros)-Mantenimiento de Luminarias (M.L)-Preparación de Equipos de Pruebas o herramientas (Prep. HóM).-Llenado de hojas con resultados.-Labores de Oficina.-Revisión de bodegas, inventarios, insumos.	<ul style="list-style-type: none">-Transportes.-Atendiendo a persona externa al Taller (Rec. Persona)-Contestando una llamada/Usó celular. (Tel/Cel)-Fuera del Taller.-Limpieza áreas del Taller.

Fuente: Elaboración Estudiante

En el Cuadro No. 15 se describen las actividades Productivas y No Productivas presentadas en el Cuadro anterior.

Cuadro No. 15 Descripción de las Actividades Productivas y No Productivas del Taller Eléctrico para el muestreo de trabajo Agosto-Setiembre 2016

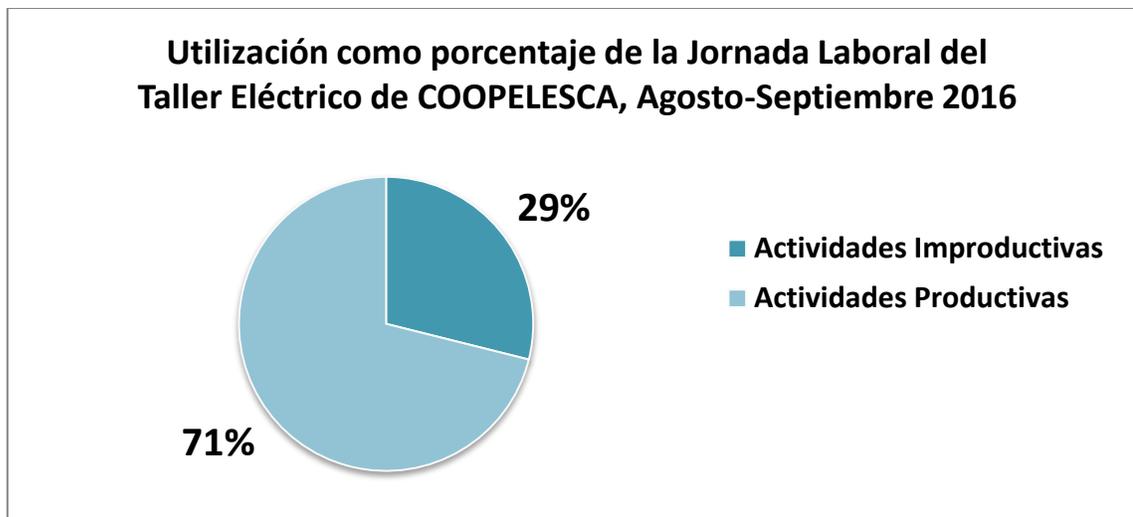
	Actividad	Descripción
Productivas	M.T	Se refiere al mantenimiento de transformadores que no incluye la preparación de un equipo o herramienta
	M.L	Es el mantenimiento de Luminarias que no incluye la preparación de un equipo o herramienta
	M.P y Otros	Consiste en el mantenimiento de Pértigas y otras herramientas varias o equipos del Taller Eléctrico
	Llenar Hojas	Cualquier actividad que involucre el anotar datos, observaciones, bitácoras, boletas de entrega a bodega y otros
	Prep. HóM	Son las actividades que conllevan el preparar una prueba o buscar y organizar herramientas
	Oficina	Se anota esta actividad cuando el operario se encuentra en dentro de la oficina del Taller Eléctrico
	Bodega	Es la observación del operario dentro de las bodegas buscando algún suministros o revisando inventarios
Improductivas	Limpieza	Actividades como: barrer, limpiar áreas de trabajo, herramientas o equipo, u otras de orden y aseo del Taller Eléctrico
	Transporte	Utilización de montacargas, carretillas, o llevar algún equipo de un lugar a otro.
	Tel/Cel	Se refiere a la utilización del celular o el teléfono fijo del Taller Eléctrico
	Rec.Persona	Es cuando el operario detiene sus labores para atender o recibir a alguna persona de la empresa o externa
	Fuera Taller	Es cuando el operario se encuentra en las instalaciones de la empresa pero no se encuentra en el Taller

Fuente: Elaboración Estudiante

Se realizan tres días de observación previa para determinar el valor p con el cuál se calcula el tamaño de muestra mediante la Fórmula No. 3 mostrada en el marco teórico. Con este estudio previo se obtienen doscientas cinco observaciones con lo cual se determina que el valor de p estimado es de 0,32, utilizando un nivel de confianza del 95% y un error del 3%, valores que fueron escogidos en conjunto con el Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica.

Con el valor de p estimado se determina el tamaño de muestra del estudio y la cantidad de recorridos diarios para completar el muestreo de trabajo en diez días, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice No. 10. También se generan aleatoriamente las horas de observación para cada día (en el Apéndice se adjunta también el formato de registro de las observaciones y se muestran parcialmente los registros del muestreo de trabajo.

A continuación se presentan los resultados totales finales del Muestreo de Trabajo en el Taller Eléctrico.



Fuente: Elaboración Estudiante

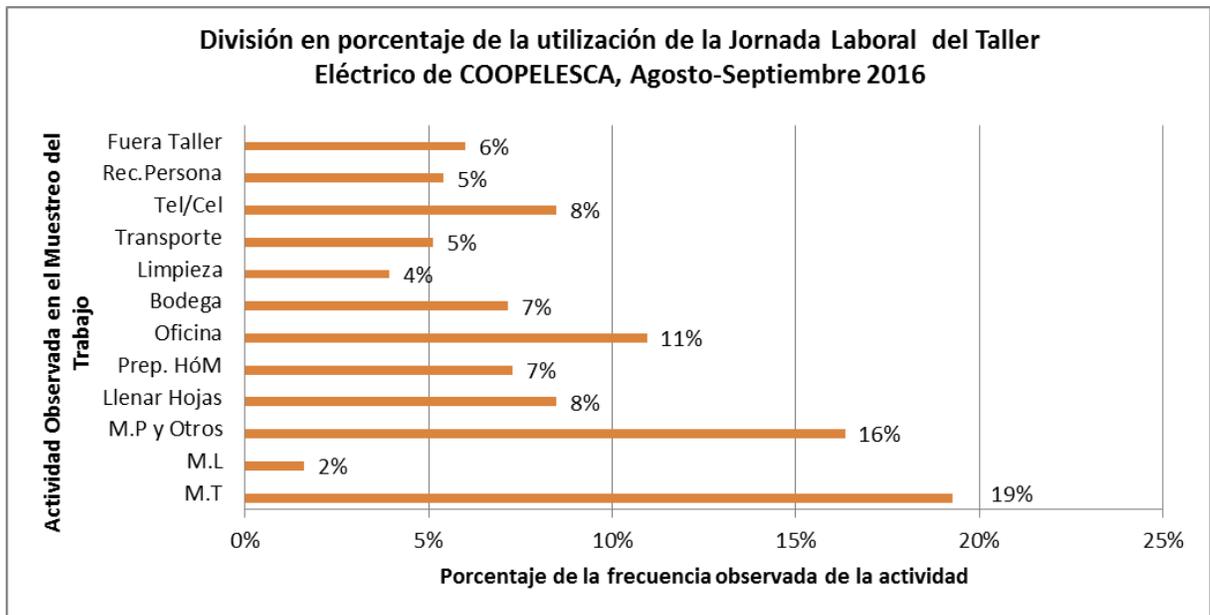
Figura No. 42. Resultados de la utilización de la Jornada Laboral según el Muestreo de Trabajo Agosto-Septiembre 2016

En la Figura No. 42 se muestran los resultados finales para el valor de p. En total se realizaron 685 observaciones durante el muestreo de los diez días con lo cual se obtuvo un porcentaje de improductividad de 29%, siendo este valor menor al encontrado durante los tres días de estudio previo. El error obtenido con la cantidad de observaciones que se realizaron es de 3,4%, y se obtiene al invertir la fórmula con la que se calculó el tamaño de muestra para el estudio utilizando el valor de p de 32%.

Según lo anterior, el porcentaje de tiempo en la jornada dedicado en el taller a las actividades productivas es mayor al destinado a las actividades improductivas, el cual es el resultado del estudio de muestreo de trabajo propio de las situaciones observadas en esos días. Esto permite representar y concluir sobre la utilización del tiempo en la jornada durante los días estudiados.

En la Figura No. 43 se muestra el desglose de las actividades productivas e improductivas con su respectivo porcentaje. Al respecto, es importante indicar que en los días en los que se realizaron las observaciones se produjo un problema con uno de los cables que suministra energía eléctrica al taller, inconveniente que ocasionó un daño a algunos equipos varios, por lo que fueron necesarias labores

de reparación y revisión de estos equipos y eso incrementó la cantidad de observaciones de la actividad Mantenimiento de Pértigas y Otros Equipos.



Fuente: Elaboración Estudiante

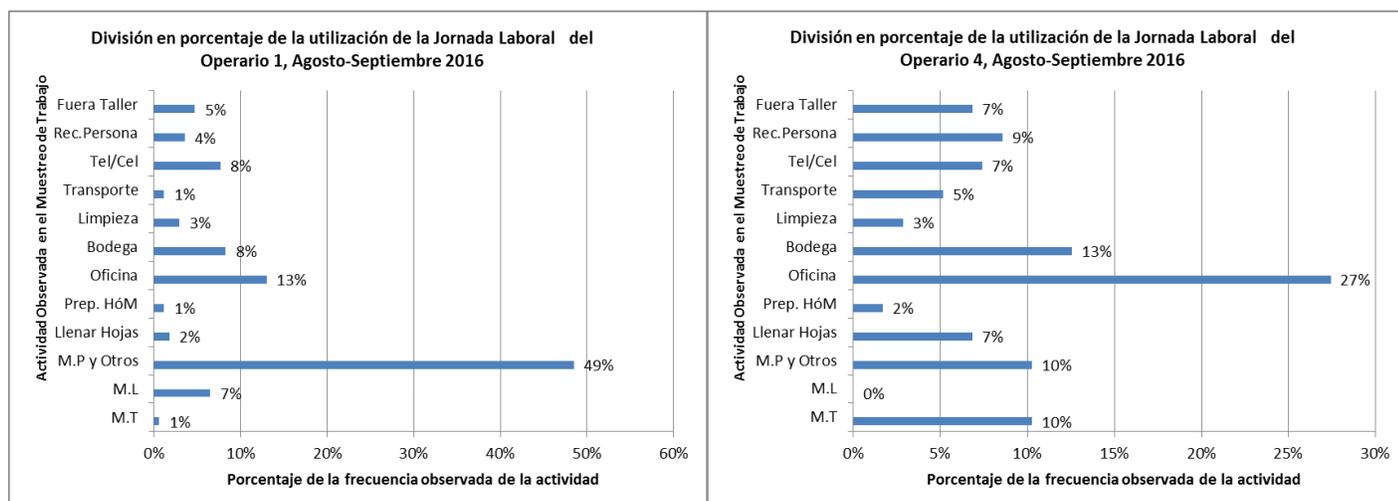
Figura No. 43. División por Actividades de la utilización de la Jornada Laboral según el Muestreo de Trabajo Agosto-Septiembre 2016

La actividad de Mantenimiento de Luminarias (M.L) posee el porcentaje menor, 2%, esto porque ingresaron al taller por mantenimiento en los últimos días del estudio.

Se observa que, en su mayoría, el tiempo se utiliza en el mantenimiento de los transformadores, resultando en un porcentaje de 19%, a lo que se suman también las actividades que, aunque se estudiaron por separado, forman parte de los trabajos de mantenimiento de los transformadores, como el Llenar Hojas (8%) y la Preparación de Herramientas o Máquinas (7%).

No obstante, estas dos últimas actividades se presentan en una frecuencia similar a la actividad de utilizar el celular o el teléfono del Taller (7%). Otra actividad con una frecuencia importante durante el estudio es la de la Oficina (11%) que corresponde generalmente al Operario 4 (siguiendo la descripción de operarios en páginas anteriores) y al Operario 1. Respecto de lo anterior, cabe indicar que en la

oficina también se mantienen equipos de pruebas de las pértigas por lo se debe ingresar a la oficina para realizar éstas, así que algunas observaciones marcadas como actividades de oficina pueden corresponder a que en realidad se estaba realizando mantenimiento de pértigas; sin embargo, en la planeación del estudio de muestreo del trabajo se designó que se tomaría como observación de actividad “Oficina” si el operario se encontraba dentro de la misma, ya que en el momento de la observación no se ingresaría a dicha área.

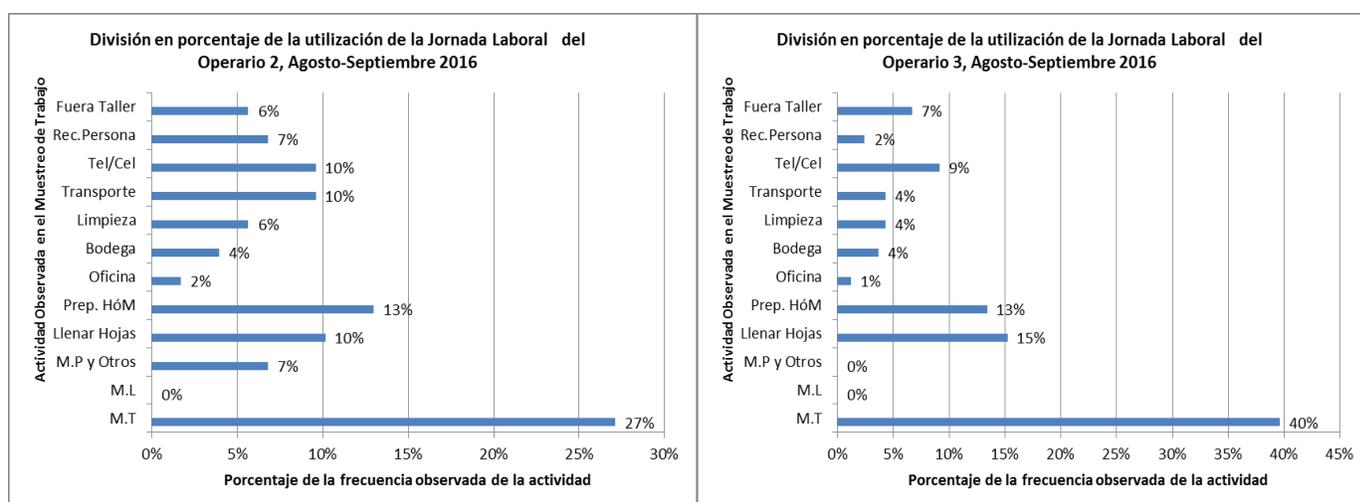


Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 44. División en porcentaje de la Utilización de la Jornada Laboral Operarios 1 y 4

En la Figura No. 44 se presentan los resultados individuales para los operarios 1 y 4. En el caso del operario 1, la actividad de mayor frecuencia en su jornada laboral es el mantenimiento de las pértigas u otros equipos (49%), seguido de la actividad Oficina y el uso del teléfono del taller o de su celular en igual porcentaje que su permanencia en las bodegas. El operario 1 realiza en la oficina algunas operaciones de los mantenimientos de las pértigas debido a que requiere de ciertas condiciones de las instalaciones para llevar a cabo dichas operaciones, además de que algunos equipos utilizados para las pruebas que se le hacen a estas herramientas de trabajo se encuentran en la oficina.

Por otra parte, el operario 4 se encarga de las labores de oficina y revisión de inventarios del taller, así como de la realización de otras gestiones administrativas del taller. Durante el estudio realizado se obtuvo mayor frecuencia de aparición para la actividad oficina (27%), seguido de la permanencia en bodegas (13%). Además, este operario colabora en el mantenimiento de pértigas junto al operario 1, por lo que se observa un porcentaje de 10% de su jornada dedicado a esta actividad. Asimismo participa de labores de mantenimiento de transformadores (10%). En comparación con el operario 1, el operario 4 se encuentra con mayor frecuencia fuera del taller o atendiendo a una persona externa.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 45 División en porcentaje de la Utilización de la Jornada Laboral Operarios 2 y 3

La Figura No. 45 muestra la división de la jornada de los operarios 2 y 3. Estos colaboradores son los que realizan los mantenimientos de transformadores. El operario 2 distribuye su tiempo en esta actividad y en el mantenimiento de otros equipos en un 27% y un 7% respectivamente según las observaciones del estudio de muestreo de trabajo. Sin embargo, el operario 3 se dedica únicamente al mantenimiento de transformadores en un porcentaje del 40% de su jornada laboral.

Por otra parte, el operario 2 presenta mayor frecuencia de aparición de las actividades Fuera del Taller, Recibir persona externa, y Uso del teléfono del local o de su celular, el cual puede usarse en el taller siempre que no represente un

atraso considerable en las labores diarias. Las observaciones del uso del celular que son parte de la frecuencia de la actividad Tel/Cel corresponden a la jornada de trabajo y no al uso del celular durante los tiempos de comida de la jornada laboral ya que observaciones dentro de estos horarios no forman parte del estudio de muestreo de trabajo realizado.

De igual forma, es importante destacar también que para estos dos operarios las actividades “Preparación de Herramientas o de Equipos para las pruebas” y el “Llenado de hojas” presentan el segundo y tercer porcentaje considerable después de la actividad principal de Mantenimiento de transformadores. Estas dos actividades complementan los procesos de mantenimiento de transformadores.

En general, los operarios presentan mayor porcentaje de utilización de su jornada en las actividades que forman parte de sus trabajos designados o responsabilidades dentro del taller. Sin embargo, existen porcentajes observados de actividades no productivas que al sumarse se acercan a la mitad del porcentaje que se está dedicando a la actividad principal, por ejemplo en el caso del operario 2, la suma de (Fuera Taller, Rec. Persona y Tel/Cel.) = (6, 7 y 10) % da como resultado un 23%, y si sumamos (Prep. HoM, Llenar Hojas y MT)= (13, 10 y 27) % obtenemos un 50%.

V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se presentan las conclusiones del estudio de la situación actual del Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L

- ✓ El mayor flujo de trabajo en el Taller lo presentan los mantenimientos de transformadores en un 75,2%, pero de los cuatro colaboradores del Taller, únicamente dos de ellos se encargan de este tipo de trabajo, es decir una disposición del 50% de la jornada laboral total del Taller.
- ✓ Aunque se poseen dos ejemplares de un mismo equipo o máquina (para algunas de la máquinas del Taller) durante la realización de los trabajos se utiliza en su mayoría sólo una de ellas debido a que los operarios se turnan los equipos, es decir, mientras uno emplea el equipo para una prueba con su grupo de transformadores, el otro realiza otra operación con su grupo para adelantar trabajo mientras se desocupa el equipo.
- ✓ Las áreas de la planta que corresponden al cuarto de pruebas eléctricas y al horno se encuentran a diferentes distancias para cada de las mesas de trabajo, resultando en tiempos mayores de transporte de una en relación con la otra. Además, esta distribución provoca que en algunas ocasiones no se pueda transportar un grupo de transformadores dentro del taller, por lo que se debe utilizar la ruta por fuera (pasando el área de lavado o salida a bodega), o emplear tiempo en acomodar los trabajos en proceso que se mantienen dentro del taller en ese momento.
- ✓ La ubicación de objetos como: puentes, hojas de mantenimiento vacías, etiquetas, máquina de Lavado, equipo de prueba de relación, equipo de prueba de Aislamiento, máquina de etiquetas y otros en áreas del Taller dónde no se requieren ocasiona que los operarios realicen recorridos en busca de ellos para utilizarlos en las áreas donde los necesitan.
- ✓ Los diagramas de recorrido permiten observar los recorridos del operario mencionados en la conclusión anterior, así como el desplazamiento de los

transformadores en las instalaciones del taller y el cruce de líneas de estos desplazamientos.

- ✓ Según los diagramas de recorrido la mayor cantidad de demoras se presentan en el área de mesas de trabajo y están definidas por los tiempos que consumen los operarios para desplazarse a traer equipos u otros, así como las operaciones de preparar y guardar dichos equipos.
- ✓ También se destaca el uso del área de almacenamiento 1 y el área de salida para mantener los trabajos de transformadores en proceso o terminados, respectivamente. Estas también se ubican a diferentes distancias para las mesas de trabajo.
- ✓ Las variables determinantes de los tiempos de los mantenimientos de transformadores son, en general, la potencia, el tipo (autoprotegido-convencional), la ubicación de la mesa de trabajo.
- ✓ Del análisis de los tiempos recolectados se concluye que los procesos de los mantenimientos presentan tanto tiempos individuales como de grupo, y estos últimos se presentan para una frecuencia o número máximo de transformadores.
- ✓ Se presentan tiempos operativos, los cuales corresponden al trabajo de los operarios, y tiempos no operativos en los que los transformadores se encuentran en procesos de reposo de aceite, en el horno o en proceso de pintura. Estos deben separarse en el modelo de cálculo de capacidad.
- ✓ Según el proceso del tipo de mantenimiento se obtienen diferentes porcentajes del tiempo total para cada tipo de paso. Por ejemplo, los transformadores nuevos comparten con los usados la característica de que existen en su proceso mayor cantidad de demoras que de operaciones, sin embargo para los nuevos el 54% del tiempo total corresponde a las demoras, debido a que los pasos para el mantenimiento de

transformadores nuevos involucra el traer etiquetas, buscar la hoja en limpio, traer y preparar equipos, el completar su hoja de resultados y otros que en comparación con su cantidad de operaciones superan el tiempo de estas otras, no siendo así en el caso de transformadores usados.

- ✓ El muestreo de trabajo resultó en un 29% de la jornada laboral del taller dedicada a actividades no productivas, entre las que destacan el uso del teléfono del Taller o el celular, así como el consumo del tiempo por el atender a personas externas que se acercan al taller, o salir de las instalaciones de éste. Lo anterior resulta en tiempo no productivo que se puede enfocar a labores productivas, como el trabajo en transformadores.

VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO

En este capítulo se describen las propuestas de mejora al problema planteado y se incluye también la evaluación económica de dichas propuestas.

Descripción del Problema planteado

Según se explica en la justificación del proyecto el problema que se presenta en el Taller Eléctrico es el desconocimiento de su capacidad. Esto debido a que no se posee información sobre los tiempos de ejecución de los mantenimientos o revisiones de los equipos, en este caso, de los transformadores. El desconocimiento de la capacidad conlleva el que no se pueda tomar decisiones sobre la misma, ya que no se conoce sobre qué aspectos del proceso actuar para mejorarla.

Es por lo anterior, que en el capítulo de Situación Actual se realiza un estudio de tiempos de los procesos de mantenimiento en transformadores, se describen también los recorridos de estos procesos y se realiza un muestreo de trabajo para conocer cómo se emplea actualmente la jornada diaria en términos de actividades productivas y no productivas.

A partir de lo que se determina en la situación actual se plantean las siguientes propuestas para dar solución al problema de desconocimiento de la capacidad.

1. Propuesta de un Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L

Para elaborar el modelo de Cálculo de capacidad se consultó al Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica sobre las salidas de interés para el modelo. Además, se observó el manejo de la información histórica que el Jefe del Taller resume en sus reportes mensuales sobre el flujo de trabajos de mantenimiento en transformadores con el fin de diseñar un modelo de cálculo de capacidad de fácil uso y comprensión. Por lo anterior, se realizó una lluvia de ideas sobre los requerimientos del modelo tomando en cuenta éstas y otras consideraciones, y a partir de dichas ideas se definen las características o partes que conforman el modelo (Ver Apéndice No. 11).

Para el diseño del modelo se poseen los tiempos recolectados de los elementos que integran los diferentes tipos de mantenimiento en transformadores. En los cursogramas descritos en el capítulo de Situación Actual, se identificó los elementos que corresponden individualmente al transformador y los que corresponden a un grupo. Estos tiempos en grupo se presentan para una cantidad máxima de transformadores, siendo la cantidad mínima un sólo transformador: por ejemplo, para la revisión de transformadores nuevos se trabaja un grupo de 8 como máximo en las mesas de trabajo, que para efectos del modelo se denotará como una frecuencia de 8, es decir, este tiempo de grupo se presentará cada 8 transformadores nuevos.

Debido a lo mencionado, de los cursogramas se extraen los tiempos en grupo que son comunes para ciertos tipos de mantenimientos, y se clasifican dichos tiempos en sus respectivas frecuencias de aparición. En la Figura No. 46 se ejemplifica este proceso.

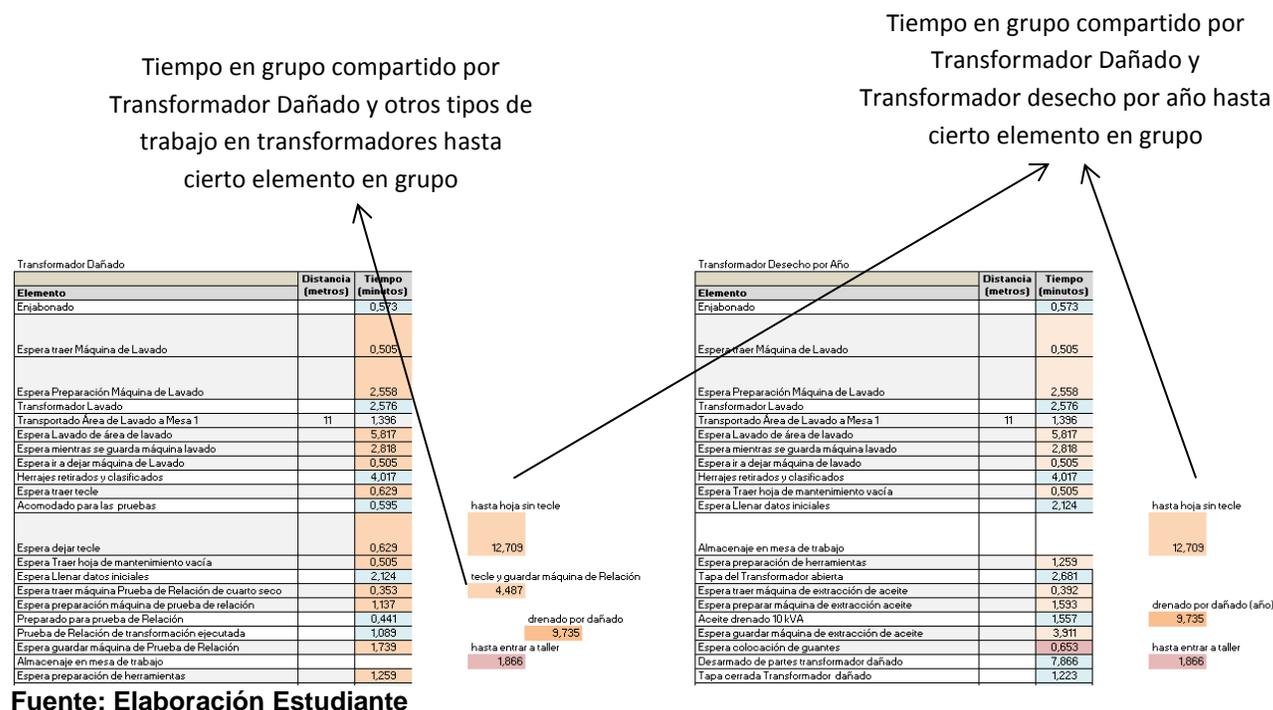


Figura No. 46 Identificación de los tiempos en grupo comunes entre los tipos de mantenimiento en transformadores

El tiempo en grupo marcado en color naranja en la Figura No.46 corresponde a uno que se presenta como máximo cada 10 transformadores, el rojo por ejemplo es un tiempo con frecuencia de aparición cada 5 transformadores, mientras que lo observado en color celeste es el tiempo individual del transformador en ese tipo de mantenimiento. Estas frecuencias se definieron en conjunto con los operarios del Taller Eléctrico, resultando en frecuencias de 5, 8, 10, 20 y 24 transformadores.

Una vez separados los tiempos en grupo e individuales se inicia la creación del modelo en la herramienta Excel®. Primeramente se diseña un código de identificación para cada tipo de mantenimiento. En Cuadro No. 16 se muestra parcialmente esta codificación.

Cuadro No. 16 Codificación de los Tipos de Mantenimiento en el Taller Eléctrico

Descripción	Tipo de Mantenimiento	Código Nombre	Tipo Transformador	Código Tipo_Transf.	Potencia	Código de Identificación
Transformador que pasa todas las pruebas y no requiere pintura	Usado Todo bien	TB	Convencional	CV		TBCV
	Usado Todo bien	TB	Autoprotegido	AT		TBAT
Prueba de Cloros da positivo	PCB Postivo	PCB+				PCB+
Transformador cuya prueba de cloros da negativa y pasa al proceso de desarme o desecho.	PCB Negativo	PCBn			5	PCBn-5
	PCB Negativo	PCBn			10	PCBn-10
	PCB Negativo	PCBn			15	PCBn-15
	PCB Negativo	PCBn			25	PCBn-25
	PCB Negativo	PCBn			37,5	PCBn-37,5
	PCB Negativo	PCBn			50	PCBn-50
	PCB Negativo	PCBn			75	PCBn-75
	PCB Negativo	PCBn			100	PCBn-100

Fuente: Elaboración Estudiante

La columna “Código de Identificación” concatena lo digitado en las columnas en gris, lo cual permite que el usuario del modelo también realice alguna otra codificación si así lo prefiere. Algunos tipos de mantenimiento conllevan la división por tipo de potencia, pero otros no se diferencian de esta manera porque sus procesos no presentan diferencia por esta característica o variable. Tal como se mencionó en páginas anteriores los tiempos de los procesos tienen como variables el tipo de transformador y su potencia (se excluyó la variable de tipo de mesa de trabajo donde se lleva a cabo el mantenimiento).

En total, se obtuvo 81 diferentes códigos de identificación para los trabajos de mantenimiento en transformadores, y se incluyen códigos para los otros equipos

como luminarias y pértigas, debido a que, cómo se indicó en el alcance del proyecto, el modelo permitiría estudiar la capacidad de estos otros trabajos a futuro cuando se realice su respectivo estudio de tiempos.

Una vez terminada la codificación, se diseñan las tablas que contienen los tipos de mantenimiento con sus respectivos tiempos de proceso individuales y de grupo. Este diseño se aprecia en la Cuadro No. 17.

Cuadro No. 17 Tabla de Tiempos Individuales y de Grupo según tipo de Mantenimiento

Código de Identificación	Tiempo Individual	Priemra F.10	TipoMant	Segunda F.10	TipoMant1	Tercera F.10
TBCV	69,644	12,709	TBCV	4,487	TBCV	7,652
TBAT	66,586	12,709	TBAT	4,487	TBAT	6,760
PCB+	26,774	12,709				
PCBn-5	41,583	12,709				
PCBn-10	41,930	12,709				
PCBn-15	42,328	12,709				
PCBn-25	43,081	12,709				
PCBn-37,5	42,956	12,709				
PCBn-50	40,372	12,709				
PCBn-75	40,372	12,709				
PCBn-100	42,789	12,709				
Da-5	27,818	12,709	Da-5	4,487		
Da-10	28,165	12,709	Da-10	4,487		
Da-15	28,563	12,709	Da-15	4,487		
Da-25	29,316	12,709	Da-25	4,487		
Da-37,5	29,191	12,709	Da-37,5	4,487		
Da-50	26,607	12,709	Da-50	4,487		
Da-75	26,607	12,709	Da-75	4,487		
Da-100	29,024	12,709	Da-100	4,487		
PiCV	84,881	12,709	PiCV	4,487	PiCV	7,462
PiAT	78,764	12,709	PiAT	4,487	PiAT	6,569
BaCV-5	101,833	12,709	BaCV-5	4,487	BaCV-5	7,462

Fuente: Elaboración Estudiante

Según el tipo de mantenimiento se asigna el tiempo individual y de grupo respectivo. En total se determinan diez tiempos diferentes con frecuencia 10; ocho con frecuencia de 5; dos con frecuencia 8; tres con frecuencia 20 y un tiempo con frecuencia de 24 transformadores; esto en el caso de transformadores usados.

Para los transformadores nuevos se realiza el mismo procedimiento pero se registran en una tabla aparte, debido a que en la práctica en el Taller no se trabajan transformadores usados y nuevos de manera simultánea en una misma mesa de trabajo, y por tanto, el tomarlos juntos ocasionaría un error en los cálculos de capacidad que se describirán en párrafos siguientes.

Cabe mencionar que los tiempos individuales que se presentan en color celeste en el Cuadro No. 17 son los tiempos que aún requieren que se les agregue, ya sea el tiempo sólo de drenado de aceite para la potencia señalada en el código de identificación, o el de drenado y llenado de aceite también para dicha potencia. Por ejemplo, en el tipo de mantenimiento “Da-75”, durante el estudio de tiempos, no se observó un transformador dañado de potencia 75 que se le drenara el aceite por lo tanto a este tiempo individual se le debe sumar el tiempo de drenado. En el caso de que se trate de un tipo de mantenimiento de bajo aislamiento o cambio de aceite de potencia 50 o 75 (potencias no observadas durante el estudio) se añade tanto el tiempo de drenado como el de llenado de aceite, porque ambos son parte del proceso de estos mantenimientos.

Por otro lado, se crean cuadros con los tiempos compartidos entre un grupo de transformadores, mas no corresponden a tiempos operativos, es decir, tiempos de labores de los operarios, sino que son los tiempos que son parte del proceso de ciertos transformadores que permanecen una semana fuera del Taller por pintura (grupos de 20 transformadores), o se encuentran en el horno durante dos días (frecuencia de 20) y otros. Además, se crea otro cuadro que contiene las frecuencias para cada tipo de Mantenimiento, como lo muestra parcialmente el Cuadro No. 18, las cuales son necesarias para la ejecución de los cálculos que se explican a continuación.

Cuadro No. 18 Frecuencias presentadas para cada Tipo de mantenimiento en Transformadores

Código de	Frec 10	Frec 5	Frec 8	Frec 20	Frec 24
TBCV	10	5	0	0	0
TBAT	10	5	0	0	0
PCB+	10	5	0	20	24
PCBn-5	10	5	0	20	24
PCBn-10	10	5	0	20	24
PCBn-15	10	5	0	20	24
PCBn-25	10	5	0	20	24
PCBn-37,5	10	5	0	20	24
PCBn-50	10	5	0	20	24
PCBn-75	10	5	0	20	24
PCBn-100	10	5	0	20	24
Da-5	10	5	0	0	0
Da-10	10	5	0	0	0

Fuente: Elaboración Estudiante

Lo descrito anteriormente corresponde a la sección del modelo “Información del Modelo”. El modelo diseñado posee cinco secciones: Inicio, Instrucciones de Uso, Información del Modelo, Resultados y Reporte. En cuanto a la sección “Resultados”, es la que contiene la hoja de cálculo de Excel® donde el usuario ingresa los datos requeridos por el modelo y obtiene los resultados del mismo.

Para facilitar el uso del modelo se solicita al usuario ingresar el tipo de mantenimiento y la cantidad de éste, lo cual es similar al modo actual de registro de trabajos realizados en el Taller en el Jefe de mantenimiento divide, según la potencia, la cantidad de transformadores que entran al Taller por mes y los clasifica en PCB positivo, PCB negativo, Dañados, Nuevos, Usados, Pintura y Cambio de Aceite, entre otra información anotada en los reportes. La clasificación propuesta en el modelo es más diversa. Tal y cómo se muestra en la Figura No. 47 el usuario despliega una lista de opciones con los códigos de los tipos de mantenimientos, y a su vez en la siguiente columna digita en la siguiente columna la cantidad de transformadores de ese tipo de mantenimiento que se presentaron en el taller en un mes determinado.

Transformadores Nuevos

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frecuencia a 8	Total	Máx. Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo. Frec Corregido	Frec
N	1	17,66364	8	3	1	4,592295	1,530765	{
NaCV	2	23,84651	8		1	4,592295	1,530765	{

Transformadores Usados

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frecuencia a 10	Total	Multip. Máximo	Tiempo Frec. 10	Tpo Frec. 10 corregido	Frec
TBAT	4	66,58563	10	54	6	12,70908	1,41212	1
TBAT	13	28,16475	10		6	12,70908	1,41212	1
PCB+	1	108,8283	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-1	5	84,88111	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-10	4	66,58563	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-15	15	102,5767	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-20	3	105,126	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-25	3	41,32968	10		6	12,70908	1,41212	1
PCBn-30	2	26,77409	10		6	12,70908	1,41212	1

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 47 Ingreso de datos al modelo de Cálculo de Capacidad en la sección Resultados

Por medio de la función BUSCARV se asigna el tiempo individual en la fila correspondiente al tipo de mantenimiento seleccionado. La serie de columnas identificadas con el color gris calculan el tiempo de grupo para la primera frecuencia de 10. En la columna "Frecuencia 10" las celdas se completan según la información mostrada en el Cuadro No.17. Luego, se suma el total de trabajos ingresados en la columna "Cantidad". En este caso la primera frecuencia de 10 es un tiempo de grupo que es común para todos los tipos de mantenimiento de los transformadores usados, por eso el primer "Total" es la suma de todos, sin embargo, cuando una frecuencia se presenta para sólo unos cuantos de los tipos de mantenimiento elegidos la columna "Total" se suman únicamente las cantidades ingresadas para estos tipos de mantenimiento. Lo anterior se logra utilizando las funciones BUSCARV y CONTAR.SI en las cuadros que se colocaron en la sección "Información del modelo".

Una vez que se tiene el total de trabajos para la frecuencia en cuestión, se calcula el máximo número por el que se multiplicará el tiempo de la frecuencia de 10. En este caso se divide 54 entre 10 y el resultado de esta división es 5.4, es decir, 5.4 veces se presentó el tiempo de la frecuencia de 10, sin embargo se redondea hacia arriba, y da como resultado un 6 porque el tiempo de grupo se presenta en su totalidad y no como una fracción de dicho tiempo; en otras palabras los 54 transformadores se trabajaron en 5 grupos de 10 y uno de cuatro, y el tiempo de grupo se llevó a cabo en su totalidad para la cantidad de cuatro, así como se hubiera realizado en su totalidad si fueran dos o un solo transformador.

La columna "Tiempo Frec. 10" toma el tiempo correspondiente a esta frecuencia desde el cuadro elaborado en la sección "Información del modelo", mientras que la columna "Tpo Frec. 10 corregido" realiza la división del tiempo de grupo total entre la cantidad de transformadores que conforman el escenario en estudio: en este caso multiplica $6 * 12,70908$ y lo divide entre 54, procedimiento que se repite para todas las frecuencias determinadas. En el modelo, estas columnas de cálculos están ocultas para el usuario.

Tiempo Operativo		
Tpo.Comp artido	Tiempo Unitario	Tiempo Total
0,84151471	18,5051575	74,0206299
2,66633971	26,5128451	106,051381

Tiempo Total Nuevos | 180,072 minutos laborales
 3,00 horas laborales
 0,35 días laborales

Tiempo Total Operativo | 180,072 + 4163,743 = 4343,815 min laborales

72,40 horas laborales
 8,52 días laborales

Tiempo Operativo		
Tpo.Comp artido	Tiempo Unitario	Tiempo Total
4,32538274	70,9110109	283,644044
3,84424058	32,008993	416,116909
14,7406754	123,569018	123,569018
7,86567103	92,7467766	463,733883

Tiempo Total Usados | 4163,743 min laborales
 69,40 horas laborales
 8,16 días laborales

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 48 Cálculo de los tiempos operativos totales

En la Figura No. 48 se muestran las salidas de los cálculos realizados por el modelo para determinar el total del tiempo operativo requerido para la ejecución de los trabajos. Este tiempo total se refiere al tiempo que el operario dedica a los transformadores, pero también se aplica este cálculo para el tiempo de los transformadores que requieren tiempos en el horno, o pintura o reposo de aceite. Una vez realizados los cálculos se ofrece la opción de agregar horas de los otros operarios cuya función no es el trabajo en transformadores. Esta opción se puede observar en la Figura No. 49.

Tiempo disponible del Taller en la semana

Cant Opera	Jornada diaria L-J (min)	Jornada diaria V (min)	TPO.DISP.SEM (min)	Total TPO.DISP.SEM (min)
2,00	510	450	2490	4980

Cantidad Operario: Operario

Cant. Operarios Común
 Nueva Cantidad Operario: **2,00**

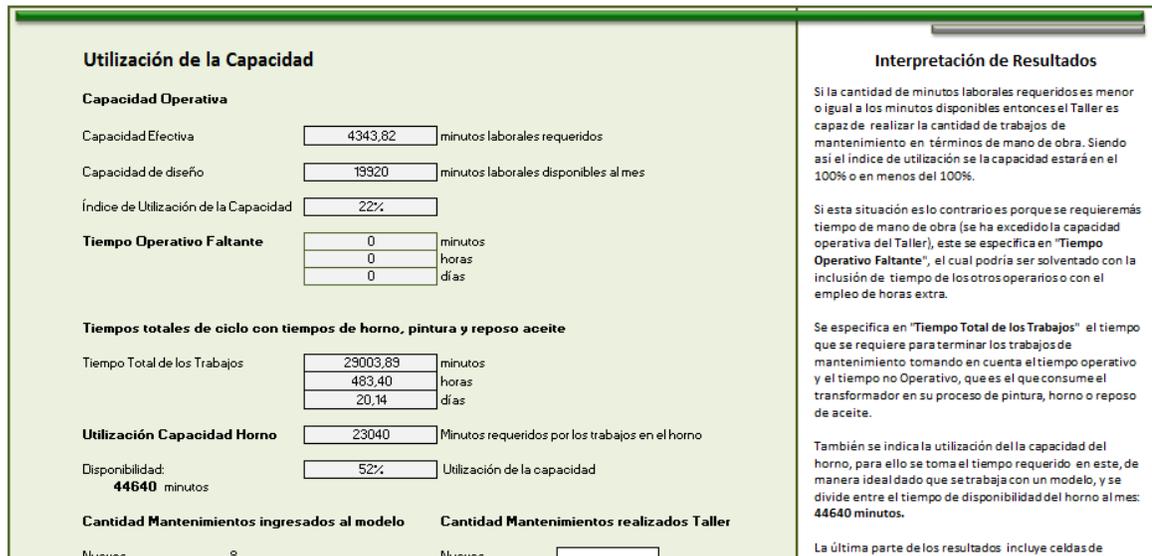
Aumentar Cantidad de Tiempo disponible en el Taller a la semana

Horas por semana: equivale a minutos

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 49 Opción de Ingreso de más horas laborales para los mantenimientos en transformadores

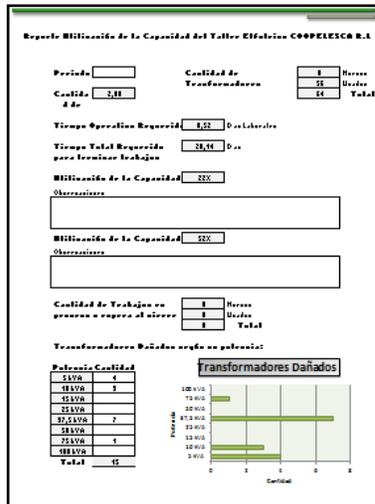
El modelo registra en una hoja los resultados obtenidos de la utilización de la capacidad, así como la utilización del horno del Taller, y posee también una explicación sobre cómo interpretar los resultados obtenidos, tal como se observa en la Figura No. 50.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 50 Sección de los Resultados que ofrece el modelo y su Interpretación

La última sección del modelo corresponde a un reporte resumen de los resultados que permite al Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica conocer sobre la utilización de la capacidad en el Taller Eléctrico e incluye además un gráfico con la cantidad recibida de transformadores dañados en un periodo determinado debido a que es de interés para el Departamento el conocer dicha información. Este reporte se muestra en la Figura No. 51.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 51 Reporte resumen del Modelo de Cálculo de Capacidad

En resumen las entradas, proceso y salidas del modelo diseñado se muestran en la Figura No. 52.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 52 Resumen de Entradas, Proceso y Salidas del Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico

En la Figura No. 53 se muestra un resumen de la metodología de elaboración del modelo.

Fundamentos:

- ✓ Las condiciones o factores que determinan la capacidad son el tamaño de las instalaciones, el equipamiento (maquinaria, equipos), fuerza de trabajo (mano de obra).
- ✓ Se identifica en el lugar de estudio las características de estas condiciones para que el modelo represente la práctica de las labores para el lugar de estudio determinado.
- ✓ En el caso en estudio se fundamenta el diseño del modelo en el interés de conocer el uso que se le da a la capacidad del taller para realizar un determinado escenario de mantenimientos en transformadores durante un periodo específico, comúnmente un mes.

Factores

-Se crea un reporte que extrae los resultados del uso de la capacidad, donde se permite realizar observaciones sobre las condiciones que se presentaron durante el periodo y que pudieron influir en el uso de la capacidad

-El modelo posee un manual de usuario que funciona como espacio de consulta durante el uso de la herramienta.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 53 Metodología del Modelo de cálculo de capacidad

Verificación del Modelo

A continuación se realiza la verificación del funcionamiento del modelo a partir de un ejemplo en el cálculo del tiempo operativo requerido para cierta cantidad de trabajos en transformadores nuevos.

El ejemplo corresponde a 8 transformadores nuevos, que es la cantidad máxima que comúnmente se trabaja a la vez en una mesa de trabajo.

Cuatro son de Tipo N y cuatro son de tipo NaCV. Según la información del modelo los tiempos individuales son los mostrados en el Cuadro No. 19.

Cuadro No. 19 Tiempos Individuales para transformadores Nuevos

Código de Identificación	Tpo. Indiv.
N	17,664
NaCV	23,847
NaAT	20,788
NG	11,523

Fuente: Elaboración Estudiante

Por tanto, el total que se tiene para este escenario de trabajos en tiempo individual es $4 \times 17,664 + 4 \times 23,847 = 166,044$ minutos.

Según este mismo cuadro hay tiempos compartidos por este tipo de transformadores, se muestran en el Cuadro No. 20.

Cuadro No. 20 Tiempos compartidos para Transformadores Nuevos

Código de Identificación	Tpo. Indiv.	Primera F.8	TipoMant	Segunda F.8	TipoMant1	Tercera F.8
N	17,664	4,592			N	2,140
NaCV	23,847	4,592	NaCV	7,299	NaCV	2,140
NaAT	20,788	4,592	NaAT	6,407	NaAT	2,140
NG	11,523	4,592				

Fuente: Elaboración Estudiante

Estos tiempos se presentan para una frecuencia máxima de 8 transformadores, así que por ejemplo el primer tiempo compartido 4,592 se presentará sólo una vez porque se tienen 8 transformadores. Este tiempo se dividirá entre 8 para asignar su parte del tiempo a cada uno. Luego, el tiempo compartido 7,299 es sólo para

los de tipo NaCV y como se poseen cuatro entonces se divide entre los cuatro para asignar su parte a cada uno, y por último el tiempo 2,140 es común tanto para N como para NaCV por lo que se dividirá entre 8.

En el modelo se obtiene al ingresar estos tipos de mantenimiento y su cantidad lo mostrado en la Figura No. 54:

Transformadores Nuevos

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frecuencia	Total	Máx.Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido
N	4	17,6636428	8	8	1	4,59229495	0,57403687
NaCV	4	23,8465054	8		1	4,59229495	0,57403687

Suma 4+4

$4,5922/8=0,5740$

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 54 Primera frecuencia de 8 para transformadores nuevos

Lo anterior es para el tiempo de la primera frecuencia de 8. Luego se presenta la segunda frecuencia de 8, Figura No. 55.

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frec 8	cant.frec	Máx.Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido	Frec 8	cant.frec	Máx.Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido
N	4	17,6636428	8		1			8	4	1	2,13982273	0,26747784
NaCV	4	23,8465054	8	4	1	7,2993	1,824825	8	4	1	2,13982273	0,26747784

Busca en las tablas si este tiempo compartido le corresponde al tipo de mantenimiento de la fila, como sólo lo contiene NaCV entonces sólo coloca la cantidad para este

$7,2993/4=1,824$

Como este otro tiempo es compartido tanto por N como NaCV entonces si suma los 8 transformadores y coloca el tiempo dividido entre 8.

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 55 Segunda frecuencia de 8 para transformadores Nuevos

Según el Cuadro No. 21 de la información de los tiempos de transformadores nuevos el último tiempo compartido sólo se da en el proceso de los transformadores tipo NG:

Cuadro No. 21 Tiempos compartidos para transformadores Nuevos de Garantía

Código de Identificación	Tpo. Indiv.	Primera F.8	TipoMant	Segunda F.8	TipoMant1	Tercera F.8	TipoMant2	Cuarta F.8
N	17,664	4,592			N	2,140		
NaCV	23,847	4,592	NaCV	7,299	NaCV	2,140		
NaAT	20,788	4,592	NaAT	6,407	NaAT	2,140		
NG	11,523	4,592					NG	0,907

Fuente: Elaboración Propia

Por eso en el modelo las columnas de la última frecuencia aparecen en cero para este escenario ya que no se agrega a los tiempos de estos procesos, tal como se observa en la Figura No. 56.

					Tiempo Operativo		
Frec 8	cant.frec	Máx.Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido	Tpo.Comp artido	Tiempo Unitario	Tiempo Total
8					0,84151471	18,5051575	74,0206299
8					2,66633971	26,5128451	106,051381
					#N/A	#N/A	#N/A

Al final se suman las cantidades de tiempo compartido que le corresponde a cada trabajo

Luego esa parte del tiempo compartido se suma al tiempo individual para resultar en el tiempo total de cada trabajo, y en la columna total se multiplica el tiempo unitario por la cantidad de trabajos que hay de ese tipo. Es decir
 $4 * 18,5051575 = 74,0206$ y
 $4 * 26,5128451 = 106,0513$.

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 56 Resultados de Tiempo Unitario y Total para los transformadores Nuevos

En la práctica sucede lo siguiente:

El operario invierte los siguientes tiempos por cada transformador (Figura No. 57):



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 57 Escenario de 8 transformadores Nuevos

Para los 8 transformadores el operario realiza un tiempo de grupo de 4,592 minutos. Luego, para los cuatro NaCV realiza un tiempo de grupo de 7,299 minutos que son pasos del proceso que sólo se hacen para este tipo. Por último, para los 8 hace un tiempo de grupo final de 2,140 minutos.

La suma de esto sería: $4 \cdot 17,664 + 4 \cdot 23,847 + 4,592 + 7,299 + 2,140 = 180,075$ minutos.

Probado en el modelo:

Tiempo Operativo		
Tpo. Compartido	Tiempo Unitario	Tiempo Total
0,84151471	18,5051575	74,0206299
2,66633971	26,5128451	106,051381
#N/A	#N/A	#N/A

$74,0206 + 106,051 = 180,0716$ minutos

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 58 Comparación del escenario de 8 transformadores nuevos contra resultados del modelo

Se concluye que los resultados coinciden.

Si se ingresan menos trabajos, como por ejemplo, 4 de N y 2 de NaCV sólo se distribuye proporcionalmente el tiempo compartido pero este se sigue presentando

en su totalidad debido a que ese tiempo no cambia mientras no se supere su máximo de 8 (Figura No. 59).

Transformadores Nuevos

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frecuencia	Total	Máx. Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido
N	4	17,6636428	8	6	1	4,59229495	0,76538249
NaCV	2	23,8465054	8		1	4,59229495	0,76538249

Total 6 trabajos, máximo multiplicador aún en valor de 1

Tiempo Operativo		
Tpo.Comp artido	Tiempo Unitario	Tiempo Total
1,12201961	18,7856624	75,1426495
4,77166961	28,618175	57,2363501
#N/A	#N/A	#N/A

Lo que cambia es el tiempo total final debido a que ahora se tienen menos trabajos y por ende menos tiempos individuales

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 59 Cambio de cantidad de transformadores nuevos ingresados al modelo

Por otro lado si se ingresa una cantidad total mayor a 8 los tiempos de las frecuencias serán duplicados, triplicados, y así sucesivamente según corresponda, dado que si se tienen 10 trabajos significa que en la práctica se trabajaron 8 como es comúnmente y luego se pasó por el proceso a otros 2 que se atendieron en ese mes. Esto se observa en la Figura No. 60.

Transformadores Nuevos

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Tiempo Individual	Frecuencia	Total	Máx. Multipl	Tiempo Frec 8	Tpo.Frec Corregido
N	8	17,6636428	8	10	2	4,59229495	0,91845899
NaCV	2	23,8465054	8		2	4,59229495	0,91845899

Calcula $2 * 4,592294$ dividido entre $10 = 0,9184$

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 60 Cambio del máximo multiplicador al superar la frecuencia del tiempo compartido

En resumen lo que hace el modelo es distribuir estos tiempos en grupo según la cantidad de trabajos que se presentan.

En el caso de los transformadores usados se sigue el mismo proceso de cálculo para los tiempos en grupo. El Manual de Usuario del Modelo se adjunta en el Apéndice No. 12.

Análisis de los primeros seis meses del Año 2016 utilizando el modelo diseñado

En el Análisis de la Situación Actual se identificaron los flujos de trabajo terminados durante el periodo Enero-Junio 2016. Para observar el comportamiento del uso de la capacidad operativa se ingresan los datos por mes al modelo diseñado y se obtienen los resultados para el índice de capacidad, mismos que se muestran en el Cuadro No.22.

Cuadro No. 22 Índice de Utilización de la Capacidad Operativa del Taller Eléctrico en el periodo Enero-Junio 2016 según el modelo diseñado

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Índice de Utilización de la Capacidad	64%	79%	52%	37%	65%	46%

Fuente: Elaboración Estudiante

Según el modelo los porcentajes anteriores corresponden a la utilización del total de la capacidad operativa del Taller en el mantenimiento de transformadores, empleando una cantidad de dos operarios. Con respecto a los resultados obtenidos, se ingresan al modelo sólo los trabajos terminados, debido a que según el alcance del estudio el modelo considera los transformadores desde que ingresan al Taller hasta que se colocan en el área de salida en condición de finalizados para ser entregados a la bodega de inventarios.

Los tipos de mantenimientos no incluidos en los resultados del Cuadro No. 22 corresponden a los trabajos que, al momento de la revisión al final de mes, se encuentran en espera del horno porque han sido calificados con “Bajo Aislamiento” o “Cambio de Aceite”, y por lo tanto se encuentran en una fase de su proceso aún. Es debido a lo anterior que el índice de utilización de la capacidad operativa obtenido aumentaría si se incluyen estos otros tiempos dentro de los tipos de mantenimiento que se ingresan al modelo, es decir, crear una codificación para estos otros mantenimientos en proceso, con el fin de ofrecer un dato más cercano sobre el uso de la capacidad operativa en el mes.

Aunque se presenta la capacidad operativa para realizar los trabajos en menos tiempo que el total disponible de los meses analizados, las labores de estos se extendieron durante todo el periodo respectivo, esto puede ser debido a que los trabajos en espera de horno y espera de enviar a pintura requieren espacio en las áreas del Taller, lo que impide en ocasiones el ingreso de más cantidad de trabajos. Asimismo, parte de ese tiempo puede estar dedicado a las actividades improductivas presentadas en el taller y analizadas con el muestreo de trabajo.

Descripción de la Inversión de la Propuesta Modelo de Cálculo de Capacidad

Para la propuesta del Modelo de Cálculo de Capacidad se presenta en el Cuadro No. 23 los costos de su elaboración e implementación, tomando en cuenta el pago al estudiante durante las semanas en que se desarrolló el proyecto en la empresa.

Cuadro No. 23 Evaluación Económica Propuesta del Modelo de Cálculo de Capacidad

Descripción	Costo
Pago Estudiante	₡ 591,500.00
Costo salario operarios 1 hora de capacitación uso Modelo	₡ 6,912.00
Total	₡ 598,412.00

Fuente: COOPELESCA R.L

La retribución de esta propuesta radica en poseer un medio para estudiar la capacidad del Taller Eléctrico, y sumado a ello el adquirir información sobre los procesos, tiempos y otros de los mantenimientos en transformadores con el fin de ofrecer un punto de partida para la futura toma de decisiones. Dicha información era desconocida antes de la elaboración de la propuesta y ahora con el modelo dicho requerimiento se ha solventado.

2. Propuesta de Reducción de Demoras

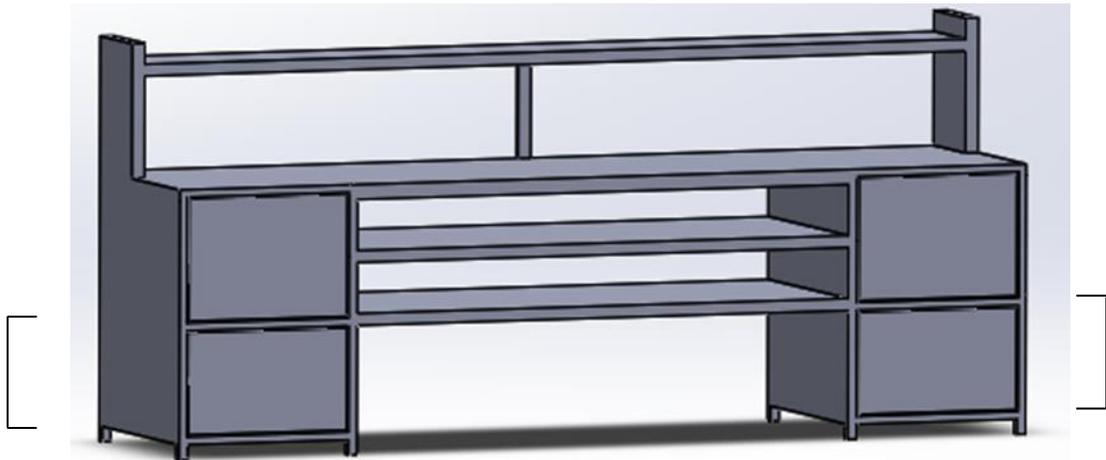
2.1 Eliminación de recorridos del Operario por búsqueda de equipos y etiquetas mediante el rediseño del puesto de trabajo

Para reducir las demoras por motivo de que el operario se traslade a otras áreas del Taller en busca del equipo para hacer las pruebas de Relación de Transformación y Aislamiento del Bobinado y en busca de las etiquetas para los transformadores nuevos o que regresan de pintura, se propone que en las mesas de trabajo se posean espacios para su almacenaje.

Las mesas de trabajo del Taller fueron elaboradas por el Taller de precisión NORCAM ubicado en Ciudad Quesada, San Carlos. Por lo tanto, con el uso del software de diseño en computadora Solidworks se proponen los siguientes

espacios de almacenamiento en las mesas de trabajo y se envían dichos diseños al Taller NORCAM para su respectiva cotización.

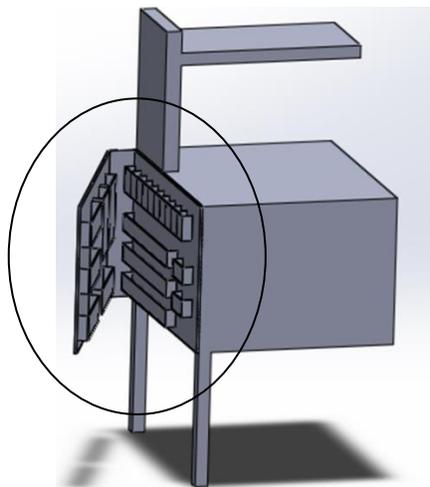
Los diseños se muestran en las figuras a continuación y en el Apéndice No. 13 se puede obtener más información sobre estos.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 61 Nuevos cajones propuestos para el almacenaje del Equipo de la Prueba de Relación y el Equipo de Prueba de Aislamiento

Actualmente las mesas cuentan con dos cajones, pasarían a poseer cuatro (Figura No. 61).



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 62 Espacio Propuesto para el almacenaje de Etiquetas

Por otra parte, para el espacio de almacenaje de etiquetas se miden las etiquetas utilizadas en el proceso de etiquetado y se diseñan los espacios para contenerlas (Figura No. 62). El almacenaje propuesto también facilitaría a los operarios el buscar las etiquetas ya que actualmente estas se encuentran en cajones diferentes en el área de bodega de suministros.

Con estos espacios de almacenamiento se eliminan los tiempos mostrados en el Cuadro No. 24. Estos tiempos se presentan una o varias veces en los procesos del Taller Eléctrico según el tipo de mantenimiento.

Cuadro No. 24 Reducción de Tiempos por Agregar espacios de almacenamiento en las mesas de trabajo

Elemento	Tiempo (minutos)
Espera Traer etiquetas de transformador	0,505
Espera traer/llevar las máquinas de relación y Aislamiento	0,353
Total	0,858

Fuente: Elaboración Estudiante

2.2 Registro Digital de Revisión de Transformadores

En el Taller Eléctrico se registran en físico los datos y resultados de los mantenimientos en transformadores. En la Figura No. 63 se observa la división de la hoja utilizada en el Taller según el estudio de tiempos realizado.

COOPELESCA		TALLER ELECTRICO	REVISION DE TRANSFORMADORES	Plantilla # 1
Placa de Características				
# Transformador	Marca:	Fecha de Ultima Revisión:		
Potencia _____ kVA	# de Serie:	Fecha de Inicio de Revisión:		
Año de Fabricación _____	Impedancia de Placa: _____ %	Fecha de Finalización:		
Tipo <input type="checkbox"/> Autoprot. <input type="checkbox"/> Conv.	Combiador de Tapa <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Mont: <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo		
Voltaje Primario 14.4 / 24.9 kV	Litros de Aceite _____	Trafo: <input type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Usado		
Voltaje Secundario _____	PCB <input type="checkbox"/> 50 PPM <input type="checkbox"/> 1 PPM	<input type="checkbox"/> No Detectado <input type="checkbox"/> No Indica		
Terminales del Primario <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Dañados	Terminales del Secundario <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Dañados	Disyuntor <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Dañado		
Empaque <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Dañado	Fusible del Primario <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Dañado	Bobinado Primario <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto		
		Bobinado Secundario <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto		
Prueba de Aceite Dieléctrico:				
Promedio _____ kV	Rigidez 1 _____ kV	2 _____ kV	3 _____ kV	4 _____ kV 5 _____ kV
Pruebas de Entrada de Taller		Pruebas de Salida de Taller		
Relación de Transformación (tap)		Relación de Transformación		
Estado del Bobinado	Polaridad	Estado del Bobinado	Polaridad	
1 _____ 4 _____ <input type="checkbox"/> Aditiva	<input type="checkbox"/> Sustroctiva	Bun estado <input type="checkbox"/> Dañado	<input type="checkbox"/> Aditiva <input type="checkbox"/> Sustroctiva	
2 _____ 5 _____				
3 _____				
Aislamientos Entre Bobinados y Tierras		Aislamientos Entre Bobinados y Tierras		
Valores Admisibles > a 3000 M Ω		Valores Admisibles > a 3000 M Ω		
Corriente de Fuga		Corriente de Fuga		
Alta - Tierra _____ M Ω	Baja - Tierra _____ M Ω	Alta - Tierra _____ M Ω	Baja - Tierra _____ M Ω	
Alta - Baja _____ M Ω		Alta - Baja _____ M Ω		
Pérdidas Sin Carga		Pérdidas Sin Carga		
Tensión _____ V	Corriente de Excitación _____ A	Tensión _____ V	Corriente de Excitación _____ A	
Pérdidas Sin Carga _____ W		Pérdidas Sin Carga _____ W		
Pérdidas de Cortocircuito		Pérdidas de Cortocircuito		
Corriente Nominal _____ A	Tensión _____ V	Corriente Nominal _____ A	Tensión _____ V	
Pérdidas en el Cobre _____ W	Impedancia (V/144) _____ %	Pérdidas en el Cobre _____ W	Impedancia (V/144) _____ %	
Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %) _____ %		Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %) _____ %		
Observaciones: _____		Observaciones: _____		

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 63 División de la hoja de registro de mantenimientos de transformadores según el estudio de Tiempos realizado

Parte de los espacios que se completan en la hoja son procedimientos matemáticos que el operario desarrolla con ayuda de una calculadora, mientras que otros espacios incluyen un dato específico que debe ser leído en una hoja aparte, como por ejemplo la corriente nominal la cual está asociada a la potencia

del transformador. Por otro lado, según revisión de los registros de dichas hojas, las observaciones corresponden al mismo enunciado según tipo de observación: por ejemplo, una observación cuando el transformador falla la prueba de Aislamiento es: “Bajo Aislamiento 20/5/16”, enunciado que se repite para cualquier otra hoja cuando el transformador falla dicha prueba, lo único que cambia es la fecha.

Actualmente, en el sistema de software de la empresa, Smartflex, se mantiene un registro de datos técnicos del transformador, los cuales son ingresados al sistema por el Jefe del Taller Eléctrico, quien toma los registros en físico y digita los datos de la hoja que son comunes al registro digital de datos técnicos. Los datos que se poseen en común son los señalados en la Figura No. 64.

COOPELESCA		TALLER ELÉCTRICO	REVISIÓN DE TRANSFORMADORES	Plancha # 1
Placa de Características				
# Transformador	5318	Marca	General Electric	Fecha de Última Revisión
Potencia	15 kVA	# de Serie	Q316103-V271	Fecha de Inicio de Revisión
Año de Fabricación	93	Impedancia de Placa	2.93	Fecha de Finalización
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Autoprot. <input type="checkbox"/> Conv.	Combiador de Tapa	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No	Mant.
Voltaje Primario	14.4 / 24.8 V	Litros de Aceite	96	<input checked="" type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo
Voltaje Secundario	120-240	PCB	<input type="checkbox"/> 50 PPM <input type="checkbox"/> 1 PPM	<input type="checkbox"/> Nuevo <input checked="" type="checkbox"/> Usado
				<input checked="" type="checkbox"/> No Detectado <input type="checkbox"/> No Indica
Terminales del Primario	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Disyuntor	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Dañado <input type="checkbox"/>	Corta <input type="checkbox"/>
Terminales del Secundario	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Bobinado Primario	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/>	Corta <input type="checkbox"/>
Empaques	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Bobinado Secundario	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/>	Corta <input type="checkbox"/>
Fusible del Primario	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Fundido <input type="checkbox"/>			
Promedio	37 kV	Rigidez	1 kV 2 kV 3 kV 4 kV 5 kV	
Pruebas de Entrada de Taller		Pruebas de Salida de Taller		
Relación de Transformación (tap)		Relación de Transformación		
Estado del Bobinado	Polaridad	Estado del Bobinado	Polaridad	
1 63.046 4 59.544	<input type="checkbox"/> Activa <input checked="" type="checkbox"/> Sustractiva	Buen estado <input checked="" type="checkbox"/> Dañado <input type="checkbox"/>	60.013 <input checked="" type="checkbox"/> Activa <input type="checkbox"/> Sustractiva	
2 61.538 5 57.028				
3 60.013				
Aislamientos Entre Bobinados y Tierras		Aislamientos Entre Bobinados y Tierras		
Valores Admisibles > a 3000 M Ω		Valores Admisibles > a 3000 M Ω		
Centro de Fuga		Centro de Fuga		
Alto - Tierra	15.862 1770 M Ω	Alto - Tierra	25.000 M Ω	
Baja - Tierra	15 62 2940 M Ω	Baja - Tierra	24.100 M Ω	
Alto - Baja		Alto - Baja		
Pérdidas Sin Carga		Pérdidas Sin Carga		
Tensión	240 V	Tensión	240 V	
Corriente de Excitación	0.94 A	Corriente de Excitación	0.85 A	
Pérdidas Sin Carga	62.5 W	Pérdidas Sin Carga	63.4 W	
Pérdidas de Cortocircuito		Pérdidas de Cortocircuito		
Corriente Nominal	1.04 A	Corriente Nominal	1.04 A	
Tensión	359.1 V	Tensión	355 V	
Pérdidas en el Cobre	262.7 W	Pérdidas en el Cobre	256.2 W	
Impedancia (V/144)	2.7 Ω	Impedancia (V/144)	2.67 Ω	
Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %)	2.16 %	Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %)	2.12 %	
Observaciones: Bajo de aislamiento se envia al Horco		Observaciones: Agite Nuevo Papelito 3716		
Cambio de Empaques		Sancione - # 019		
Etiqueto-bodega 23-12-14		Botón - # VL 11075 M		
		Faltante 2012-01-03		
		Revisión - 19-12-14		

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 64 Datos comunes entre la Hoja de Mantenimiento en Físico y el Registro Digital de datos técnicos

También se añaden en el sistema otros elementos como:

- ✓ Conexión del Secundario
- ✓ Fecha y Método de análisis de PCB
- ✓ Condiciones de sellado del transformador
- ✓ Estado de Fuga
- ✓ Certificado Origen PCB
- ✓ Fecha, Tratamiento (en caso de PCB positivo) y Empresa Tratamiento
- ✓ Localización Empresa Tratamiento
- ✓ Fecha, dirección, latitud y longitud de Accidente
- ✓ Signo
- ✓ Unidad Operativa

Completar esos otros datos es opcional, sin embargo, hay uno obligatorio: el “certificado origen PCB”. Mantener registros de mantenimiento en físico y registros de datos técnicos en digital conlleva la duplicación de información registrada, que se considera una actividad no productiva. Además, existe un interés por parte de la Jefatura del Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica en que los registros del transformador, tanto técnicos como del mantenimiento recibido, sean manejados de manera digital, ya que otras áreas departamentales involucradas también con los transformadores tendrían acceso al conocimiento de esta información por medio del sistema de la empresa.

Debido a lo anterior, se propone un registro digital para las hojas de revisión de transformadores en el taller, considerando como base el análisis de la estructura o tipos de datos de la hoja anteriormente descrita. Las oportunidades de cambio en la hoja se describen en el Cuadro No. 25.

Cuadro No. 25 Oportunidad de Mejora por sección de la hoja de registro de mantenimientos

Sección de la Hoja	Oportunidad de llenado Automático	Oportunidad de incluir lista de opciones
Llenado de Datos Iniciales	Potencia, Tipo y Serie	Fechas con desplegable de calendario
Resultados Prueba de Rigidez Dieléctrica	Promedio de los 5 resultados	-
Resultados de Prueba de Relación de Transformación	-	-
Resultados Prueba de Aislamiento	-	-
Resultados Prueba Pérdidas Eléctricas sin Carga	Tensión	-
Resultados Prueba Cortocircuito	Corriente Nominal	-
Cálculos	Impedancia, Porcentaje de Pérdidas	
Observaciones	-	Lista de las posibles observaciones y Fechas con desplegable de calendario

Fuente: Elaboración Estudiante

A continuación se presenta la propuesta de hoja de registro de las revisiones o mantenimientos de los transformadores. Los espacios de color gris corresponden a los datos que la hoja llenaría automáticamente.

Este dato se copiará automáticamente en el campo "Tensión" de Pruebas de Pérdidas Eléctricas sin Carga

Lista desplegable con las marcas de los transformadores



TALLER ELÉCTRICO		REVISIÓN DE TRANSFORMADORES			Plantilla # 1
#Transformador:	<input type="text"/>	Marca:	<input type="text" value="Cooper"/>	Fecha de Última Revisión:	<input type="text"/>
Potencia:	<input type="text" value="10"/> KVA	# de Serie:	<input type="text"/>	Fecha de Inicio de Revisión:	<input type="text"/>
Año de Fabricación:	<input type="text"/>	Modelo:	<input type="text"/>	Fecha.Finalización:	<input type="text"/>
Tipo:	<input type="checkbox"/> Autoprot. <input type="checkbox"/> Conv.	Cambiador de taps:	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Mant.:	<input type="checkbox"/> Preventivo <input checked="" type="checkbox"/> Correctivo
Voltaje Primario	<input type="text" value="14.4 / 24.9"/> kV	L. Aceite:	<input type="text" value="38"/>	Impedancia:	<input type="text"/> %
Voltaje Secund.	<input type="text" value="120"/> / <input type="text" value="240"/>	PCB:	<input type="checkbox"/> 50 PPM <input type="checkbox"/> 1 PPM	Transf.:	<input type="checkbox"/> Nuevo <input checked="" type="checkbox"/> Usado
			<input type="checkbox"/> No Detectado <input type="checkbox"/> No Indica		
Terminales del Primario	Buen estado <input type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Disyuntor	Buen estado <input type="checkbox"/> Dañado <input type="checkbox"/>		
Terminales del Secundario	Buen estado <input type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Bobinado Primario	Buen estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto <input type="checkbox"/>		
Empaques	Buen estado <input type="checkbox"/> Dañados <input type="checkbox"/>	Bobinado Secundario	Buen estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto <input type="checkbox"/>		
Fusible del Primario	Buen estado <input type="checkbox"/> Fundido <input type="checkbox"/>				
Promedio	<input type="text" value="33,4"/> kV	Rigidez	1. <input type="text" value="26"/> kV 2. <input type="text" value="40"/> kV 3. <input type="text" value="37"/> kV 4. <input type="text" value="36"/> kV 5. <input type="text" value="28"/> kV		
Color Aceite:	Transparente <input type="checkbox"/>	Amarillo Ámbar	<input checked="" type="checkbox"/>	Amarillo Oscuro (mginal)	<input type="checkbox"/>

Calcula el promedio de las 5 resultados obtenidos en la prueba que se le hace al aceite.

Se agrega un espacio para el color del aceite (este se incluye actualmente en el registro técnico del sistema).

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 65 Primera parte Hoja Registro Digital propuesta

Pruebas de Entrada de Taller			Pruebas de Salida de Taller		
Relación de Transformación (tap)			Relación de Transformación (tap)		
Estado del Bobinado		Polaridad	Estado del Bobinado		Polaridad
1 <input type="text"/>	4 <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Aditivo	Buen estado <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Aditivo
2 <input type="text"/>	5 <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Sustractivo	Dañado <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Sustractivo
3 <input type="text"/>					
Aislamiento Entre Bobinados y Tierras Valores Admisibles > a 3000 MΩ			Aislamiento Entre Bobinados y Tierras Valores Admisibles > a 3000 MΩ		
Horno					
Alta-Tierra	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ	Alta-Tierra	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ
Baja-Tierra	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ	Baja-Tierra	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ
Alta-Baja	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ	Alta-Baja	<input type="text"/>	<input type="text"/> MΩ



Estos espacios si deben ser ingresados por el operario. En el registro digital actual se solicita al usuario digitar el enunciado y el resultado.

Dato copiado del llenado de Voltaje Secundario en la primera sección de la hoja.

Pérdidas Sin Carga		Pérdidas Sin Carga	
Tensión	<input type="text" value="240"/> V	Tensión	<input type="text" value="240"/> V
Corriente de Excitación	<input type="text" value="0,27"/> A	Corriente de Excitación	<input type="text"/> A
Pérdidas Sin Carga	<input type="text" value="45,7"/> W	Pérdidas Sin Carga	<input type="text"/> W
Pérdidas de Cortocircuito		Pérdidas de Cortocircuito	
Corriente Nominal	<input type="text" value="0,69"/> A	Corriente Nominal	<input type="text" value="0,69"/> A
Tensión	<input type="text" value="309,7"/> V	Tensión	<input type="text"/> V
Pérdidas en el Cobre	<input type="text" value="131,9"/> W	Pérdidas en el Cobre	<input type="text"/> W
Impedancia (V/144)	<input type="text" value="2,15"/> %	Impedancia (V/144)	<input type="text"/> %
Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %)	<input type="text" value="1,78"/> %	Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %)	<input type="text"/> %

Dato generado automáticamente según la potencia del transformador

Resultado de sumar pérdidas sin carga y pérdidas en el cobre y dividirlo entre la potencia multiplicada por 10.

Resultado de dividir el dato de Tensión sobre 144

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 66 Segunda parte Hoja Registro Digital propuesta

Observaciones	Observaciones
<input type="text" value="Cambio Empaques"/> <input type="text" value="19/10/2016"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="Cambio Aceite"/> <input type="text" value="20/10/2016"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

- Dañado
- Bajo Aislamiento
- Cambio Aceite
- Cambio Pintura armado
- Cambio Pintura desarmado
- Desarme y enviado a Horno
- Cambio Empaques
- Drenado Aceite

Desplegable con las posibles opciones de observación. La fecha se colocaría con un calendario desplegable también, el mismo se utiliza actualmente en el registro de datos técnicos.

Espacio para alguna otra observación específica, o para los datos del estañón de aceite que se utilizó para llenar los transformadores con aceite nuevo

Tomar muestra <input type="checkbox"/>	Método Análisis PCB <input type="text"/>	Empresa tratamiento: <input type="text"/>
Certif. Origen PCB <input checked="" type="checkbox"/>	Tratamiento: <input type="text"/>	Localización Empresa: <input type="text"/>
Sellado <input type="checkbox"/>	Estado de Fuga: <input type="text"/>	Fecha Tratamiento: <input type="text"/>
Fecha Accidente: <input type="text"/>	Dirección Accidente <input type="text"/>	
Signo <input type="text"/>	Latitud del Accidente <input type="text"/>	
Unidad Operativa <input type="text"/>	Longitud del Accidente <input type="text"/>	
Técnico Eléctrico Responsable <input type="text" value="Roger Barrantes"/>		

Sección de la hoja que corresponde a los otros datos solicitados por el sistema actual y cuyo registro no es obligatorio, sólo el señalado con relleno en rojo.

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 67 Última parte Hoja Registro Digital propuesta

En el registro de datos técnicos del sistema Smartflex, al usuario se le solicita el ingreso de la marca del transformador siguiendo el formato exacto de la marca en específico, algunas con formato en mayúscula, otras en micúscula o combinación de ambas: son 27 marcas diferentes, por consiguiente, resulta difícil de memorizar, entonces se debe leer una ficha con el formato de cada marca para ingresarla al sistema en el formato requerido, motivo por el que se propone el uso de una lista de opciones.

Por otra parte, se toma la serie, el tipo y la potencia del transformador como datos generados automáticamente al ingresar el número del transformador debido a que en el sistema actual estos se mantienen en bases de datos y son generados una vez que el usuario ingresa el número del transformador.

A modo demostrativo se realiza una prueba piloto del uso del registro digital propuesto en la que se emplea una tableta que fue proporcionada por el Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica, debido a que actualmente utiliza este tipo de dispositivos electrónicos en las cuadrillas a su cargo. La hoja de registro propuesta se diseña en la herramienta Excel® para realizar la prueba. Se revisa el diseño y funcionamiento de la misma junto con los técnicos encargados de los mantenimientos en transformadores y se les proporciona la hoja por correo cuatro días antes de realizar la prueba. Se toman los tiempos de llenado de las secciones de la hoja según los elementos tomados para la hoja de registro en físico (Ver Apéndice No. 14). Los resultados obtenidos y comparados con el registro actual se muestran en el Cuadro No. 26.

Según los resultados obtenidos se reducen, en general, los tiempos de llenado de las secciones de la hoja en 0,409 minutos. En el caso de los resultados de las pruebas de relación y Aislamiento, el tiempo mostrado en el Cuadro No. 20 corresponde al llenado de una sola casilla o dato, es decir, en el caso de la prueba de relación dicho tiempo se repite tres veces para llenar cada casilla.

Cuadro No. 26 Comparación de tiempos de registro de datos en físico y digital en minutos

Elemento	Actual*	Propuesto*	Actual-Propuesto
Llenado de datos iniciales	2,1240	3,0667	-0,9427
Anotar resultado Prueba de Relación	0,1010	0,1086	-0,0076
Anotar resultado Prueba de Aislamiento	0,1390	0,1133	0,0257
Anotar resultado Prueba Cortocircuito	0,3460	0,4057	-0,0597
Anotar resultado Prueba Pérdidas Eléctricas (sin carga)	0,2990	0,3872	-0,0882
Anotar resultado Prueba Rigidez Dieléctrica Aceite Transformador	0,6780	0,5838	0,0942
Anotar resultado Prueba Rigidez Dieléctrica Aceite Estañón	1,8220	1,4313	0,3907
Observaciones	0,5300	0,1648	0,3652
Anotar Cálculos	0,6310	0,0000	0,6310
Total	6,6700	6,2614	0,4086

*Con suplementos u holguras

Fuente: Elaboración Estudiante

Algunos de los tiempos resultaron mayores en esta primera prueba de llenado de hoja digital, sin embargo cabe destacar que para dicha prueba se utiliza la herramienta de Excel® y no el software de la empresa. Además, es el resultado de un primer uso de tabletas para el registro de los datos por parte de los operarios.

Con la implementación de una hoja digital se eliminan también los tiempos de recorrido de los operarios hacia la bodega de suministro en busca de los AMPOS donde se guardan las hojas, lo cual representa demora para los transformadores en sus procesos. Otros tiempos eliminados son: recorrido del operario hacia la oficina para ingresar datos del mantenimiento a la computadora y guardar y buscar hojas en los Ampos.

Para probar la mejora con la propuesta de reducción de demoras se realiza la simulación de un escenario en el modelo con los tiempos actuales. En el Cuadro No. 27 se observan los tipos de mantenimiento y sus cantidades ingresadas al modelo.

Cuadro No. 27 Datos Ingresados en la Prueba del Modelo con los tiempos actuales

Tipo de Mantenimiento	Cantidad
N	5
NaCV	2
NaAT	1

Tipo de Mantenimiento	Cantidad
PiCV	3
Da-25	7
CaCV-10	5
CaCV-15	6
Da-10	2
TBCV	10
BaCV-5	2
BaAT-10	3
Da-15	5
Da-25	7
TBAT	8
PCBn-10	5
PCBn-15	1
PCB+	6
BaCV-25	1
SCaAT-10	2
SCaAT-15	1

Fuente: Elaboración Estudiante

Lo que se requiere conocer es el tiempo total operativo requerido, el resultado de este escenario se muestra en la Figura No. 68.

$$\begin{array}{r|l}
 \text{Tiempo} & 170,533 \\
 \text{Total} & + \frac{5133,159}{5303,693} \\
 \text{Operativo} & \text{min laborales}
 \end{array}$$

88,39 horas laborales

10,40 días laborales

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 68 Resultados del Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con tiempos actuales

Se utilizan ahora los tiempos de los procesos aplicando la propuesta de Reducción de Demoras. El escenario se mantiene igual, es decir, los mismos tipos de mantenimiento y sus cantidades. El resultado de esta propuesta se observa en el Figura No. 69.

$$\begin{array}{r|l}
 \text{Tiempo} & 164,198 \\
 \text{Total} & + \frac{5039,188}{5203,386} \\
 \text{Operativo} & \text{min laborales}
 \end{array}$$

86,72 horas laborales

10,20 días laborales

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 69 Resultados Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con Tiempos de la propuesta Reducción de Demoras

Si se comparan ambos resultados, se obtiene una reducción de 1,67 horas, es decir, 1 hora con 40 minutos aproximadamente.

Descripción de los costos para la Propuesta Reducción de Demoras

En el Cuadro No. 28 se describen los costos de implementar la propuesta de Reducción de Demoras.

Cuadro No. 28 Costos Implementación Propuesta Reducción de Demoras

Descripción	Costo
Costo realización de espacios de almacenamiento en mesas	₡ 1 209,100.00
Dos Tabletas	₡ 274,691.84
1 Router	₡ 26,900.00
Horas trabajo Técnicos inclusión al sistema	₡ 166,700.00
Costo salario operarios 2 horas de capacitación uso de hoja	₡ 13,824.00
Total	₡ 1 691, 215.00

Fuente: COPELESCA R.L y Taller NORCAM

Con la aplicación de esta propuesta, según el escenario probado anteriormente, se estima una reducción de ₡3847,68 colones (tomando en cuenta el dato ofrecido por la empresa e incluye cargas sociales). Sin embargo, las reducciones en los costos dependen de los escenarios que se presenten en el Taller. Además, los salarios se pagan según la jornada laboral actual y no por cantidad de trabajos realizados, por lo que el ahorro que percibe la empresa no es tangible, sino que se toma como el beneficio de obtener más tiempo para la realización de labores dentro de la jornada actual y utilizando la misma cantidad de recurso humano.

3. Propuesta de redistribución del flujo de proceso de los mantenimientos en transformadores

El objetivo de esta propuesta es mejorar la distribución actual de las áreas del Taller de manera que se reduzcan las distancias que deben recorrer los transformadores. Si las distancias son menores entonces su tiempo de transporte también se reduce.

En el análisis de la situación actual, se determinó que la ubicación de las mesas de trabajo con respecto a las diferentes áreas del Taller influye en los tiempos de

los procesos, esto debido a que algunas se encuentran a mayor distancia de una mesa que de otra.

Tomando los tiempos obtenidos en el análisis de la situación actual se dividen los tipos de mantenimiento según la mesa de trabajo en la cual presentan un tiempo de proceso menor. Los resultados se muestran en el Cuadro No 29.

Cuadro No. 29 Clasificación de los tipos de mantenimiento según la mesa de trabajo donde presentan el tiempo de proceso menor

Mesa 1	Mesa 2
Transformador que pasa todas las pruebas	Transformador requiere Pintura
Transformadores Nuevos	Transformador Cambio de Aceite con pintura
Desecho por año de fabricación	Transformador Bajo Aislamiento
Sospechoso PCB	Transformador Sólo Cambio de Aceite
Transformador Dañado	

Fuente: Elaboración Estudiante

Entre los mantenimientos que poseen tiempos menores en la mesa 1 se encuentran algunos que requieren el uso del cuarto de Pruebas Eléctricas, mismo que se encuentra más cercano a la mesa 1, estos son: transformadores que pasan todas las pruebas y los nuevos. Los otros tipos de mantenimiento dentro de esta clasificación presentan distancias similares a las que deben recorrer si estuvieran en la mesa 2, sin embargo en el estudio de tiempos resultaron en un tiempo menor con respecto a la mesa 1.

Por otro lado, los tipos de mantenimiento cuyo proceso es menor en la mesa de trabajo 2 es debido a que en su mayoría requieren el uso del horno el cuál se ubica más cerca de la mesa de trabajo 2.

Según lo anterior se realiza el Cuadro No. 30 dónde se observa la secuencia de las áreas del taller que son recorridas por los tipos de mantenimiento. En este cuadro el área de Almacenamiento 1 se refiere al área de transformadores de Bajo Aislamiento, Cambios de Aceite y Pintura. El área de Almacenamiento 2 es el área destinada al almacenamiento temporal de los transformadores Dañados, sospechosos PCB y de desecho por año de Fabricación que ya han pasado por su

proceso dentro del Taller pero que aún no han pasado al área de salida para que los recoja Bodega.

Cuadro No. 30 Secuencia de las áreas recorridas por los tipos de mantenimiento según su clasificación por Mesa

Tipos de Mantenimiento de Mesa 1	Tipos de Mantenimiento de Mesa 2
Área lavado	Área de lavado
Mesa de trabajo	Mesa de trabajo
Cuarto pruebas eléctricas o Almacenamiento 2	Cuarto Pruebas Eléctricas
Cuarto seco o salida	Cuarto seco
Salida	Almacenamiento 1
	Mesa de trabajo
	Horno
	Almacenamiento 1
	Mesa Trabajo
	Horno
	Cuarto seco
	Mesa Trabajo
	Cuarto Pruebas Eléctricas
	Salida

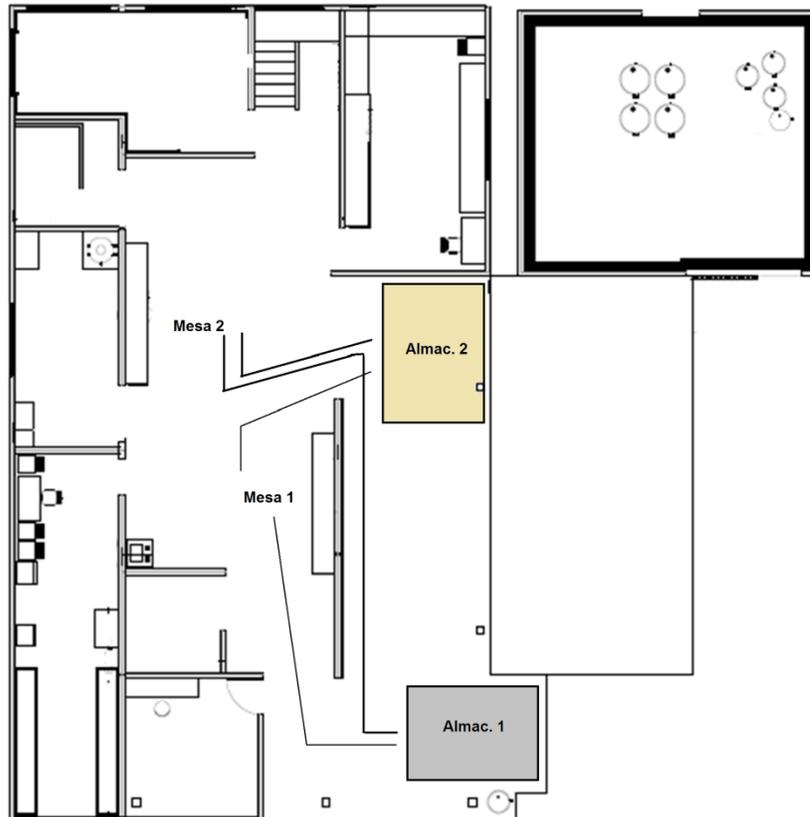
Fuente: Elaboración Estudiante

Según el Cuadro No. 30 se presenta una misma frecuencia hasta que los trabajos clasificados para la mesa 2 (Bajo Aislamiento y Cambios de Aceite) requieren salir no al área de entrega a Bodega sino al área de almacenamiento 1 porque su proceso, como ya se ha descrito, requiere que se acumule una cantidad de alrededor de 20 transformadores para su siguiente etapa. En el caso del almacenamiento 2 que aparece en este cuadro, se encuentra a una misma distancia para ambas mesas, contrario a lo que sucede con el área de almacenamiento 1. En el Cuadro No. 31 y la Figura No. 70 se describe esta situación:

Cuadro No. 31 Distancia en metros entre las mesas de trabajo y las áreas de Almacenamiento

Mesa 1	Área Almacenamiento 1	11.57
Mesa 2	Área Almacenamiento 1	14.5
Mesa 1	Área Almacenamiento 2	9
Mesa 2	Área Almacenamiento 2	9

Fuente: Elaboración Estudiante



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 70 Distribución actual de las mesas de trabajo con respecto a las áreas de Almacenamiento

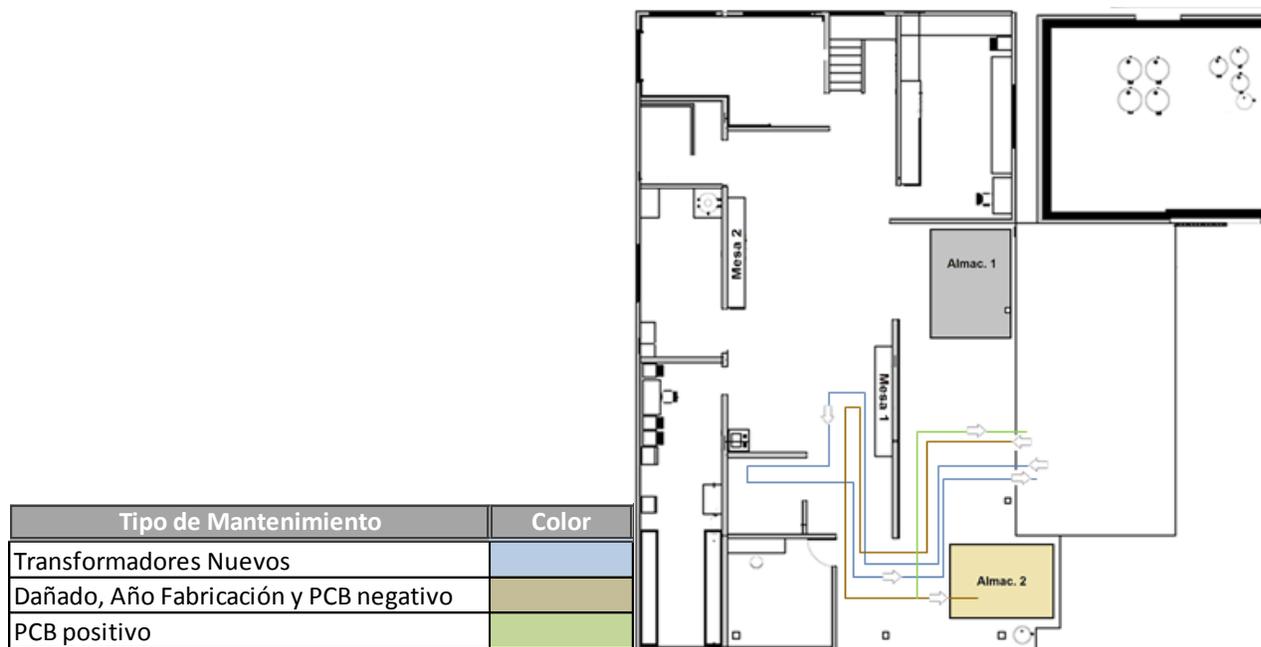
Es por lo anterior que se propone intercambiar las áreas de almacenamiento, permitiendo que los transformadores marcados con Bajo Aislamiento, Cambios de Aceite y Pintura se mantengan en un área próxima a la mesa 2 para que al requerir del horno en su siguiente etapa del proceso se encuentren cerca de la mesa cercana a éste.

Asimismo, si los demás trabajos ingresan desde el principio únicamente por la entrada de la mesa 1, los que resulten en Dañados, desecho por año de fabricación o PCB negativo podrán ser drenados en esta mesa y transportados hacia su nueva área de almacenamiento. Los transformadores nuevos pasarán de la mesa de trabajo 1 al cuarto de pruebas eléctricas y luego saldrán del Taller, y los transformadores que pasan todas las pruebas pasarán del cuarto seco a la salida también.

Los que resulten en Bajo Aislamiento, Cambios de Aceite o Pintura quedarán en la otra área de almacenamiento mientras esperan por completar la cantidad requerida para su siguiente etapa de proceso.

Los operarios realizarán sus mismas labores pero trabajarán con su grupo en la mesa correspondiente a los tipos de mantenimiento que se están trabajando.

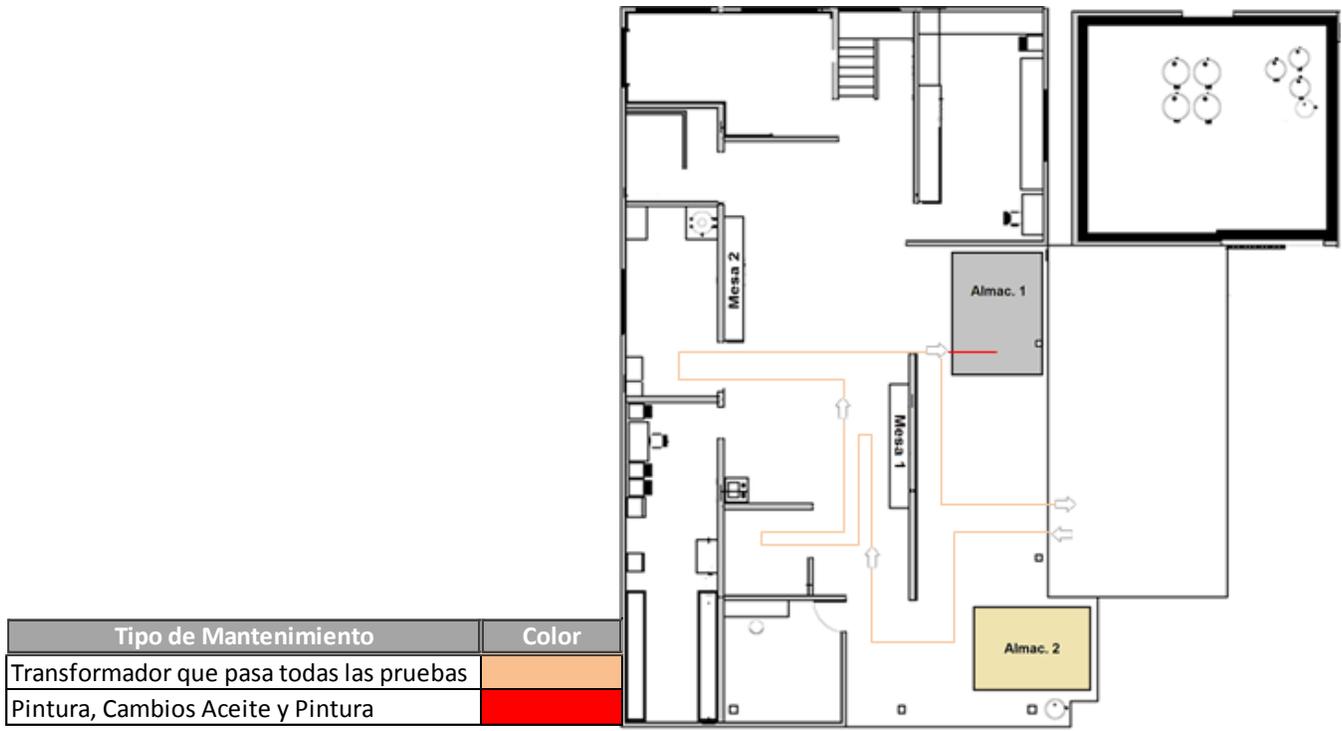
La distribución y los flujos de proceso propuestos se ilustran a partir de la Figura No. 71.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 71 Flujos de Proceso propuestos para Transformadores Nuevos, Dañados, Sospechosos de PCB y Desecho

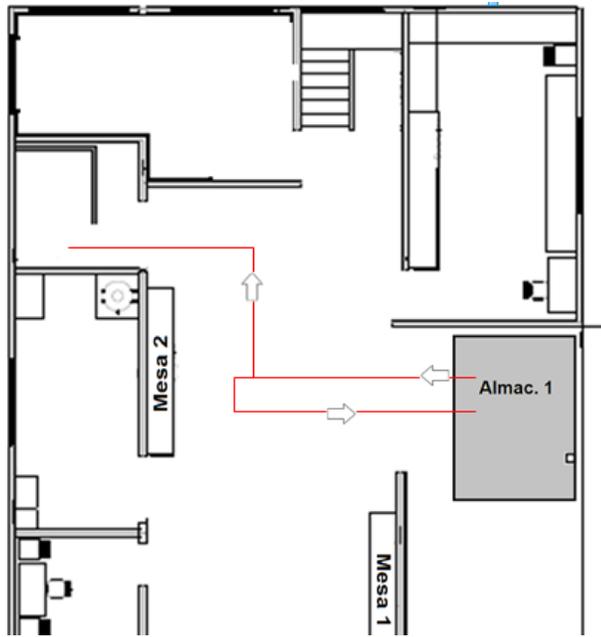
El flujo de proceso propuesto para los transformadores que pasan todas las pruebas y de cambio de aceite, pintura o bajo aislamiento se presenta en la Figura No. 72.



Fuente: Elaboración Estudiante

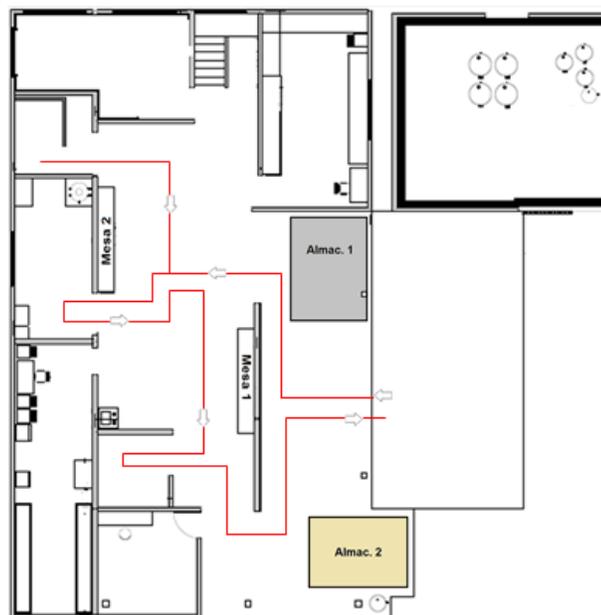
Figura No. 72 Flujos de Proceso propuestos para Transformadores que pasan todas las pruebas, Bajo Aislamiento, Cambio Aceite o Pintura

La Figura No. 72 llega hasta el almacenamiento de los trabajos de Bajo Aislamiento, Cambios de Aceite o Pintura en el área propuesta como almacenamiento para estos trabajos. En la Figura No. 73 se observa la siguiente parte del proceso de los transformadores con Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite que requieren la colocación del núcleo en el horno mientras su cuba se envía a pintura. Por último, en la Figura No. 74 se muestra la etapa final del proceso de estos transformadores cuando su cuba regresa de Pintura.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 73 Proceso de colocación de núcleo en el horno para los transformadores con Bajo Aislamiento, Cambio de Aceite y Pintura



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 74 Flujo de Proceso propuesto para la etapa final del proceso de las cubas que regresan de Pintura

A esta propuesta se le suma el diseño de los puestos de trabajo evaluados en la Propuesta Reducción de Demoras y para evaluarla se toma el mismo escenario que se probó en propuesta anterior. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura No. 75.

Tiempo	166,950		
Total	+	5103,548	
Operativo		5270,499	min laborales
		87,84	horas laborales
		10,33	días laborales

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 75 Resultados Tiempo Total Operativo requerido para el escenario con Tiempos de la propuesta Redistribución del flujo de Proceso

Al compararlo con el escenario del modelo con tiempos actuales (88,39 horas) se obtienen una reducción de 0,55 horas, lo que representa 33 minutos aproximadamente.

Descripción de los costos para la Propuesta Redistribución del Flujo de Proceso

En el Cuadro No. 32 se describen los costos para implementar la propuesta de la Redistribución del Flujo de Proceso.

Cuadro No. 32 Costos Implementación Propuesta Redistribución del Flujo de Proceso

Descripción	Costo
Costo realización de espacios de almacenamiento en mesas	₡ 1 209,100.00
Costo salario operarios 1 hora Capacitación Flujo Proceso propuesto	₡ 6,912.00
Total	₡1 216,012.00

Fuente: COOPELESCA R.L y Taller NORCAM

La reducción en el costo por pago de salario se estima en ₡1267,2 colones, y al igual que la propuesta anterior el ahorro se percibe en el aprovechamiento mayor del tiempo de la jornada laboral utilizando la misma cantidad de recurso humano, es decir, sin incurrir en costos de contratación de un nuevo operario o en la utilización de horas extras.

Análisis de las dos propuestas de mejora de Capacidad para el Taller Eléctrico

En el Cuadro No. 33 se comparan los resultados obtenidos para ambas propuestas.

Cuadro No. 33 Comparación Propuestas de Mejora de la Capacidad del Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Propuestas	Tiempo (horas)	Reducción (Horas)	Costo
Reducción de Demoras	86,72	1,67	₡ 1 691, 215.00
Redistribución del Flujo de Proceso	87,84	0,55	₡1 216,012.00

Fuente: Elaboración Estudiante

La propuesta de Reducción de Demoras que contempla el diseño de los puestos de trabajo y el registro digital de los mantenimientos resulta en una disminución del tiempo operativo total requerido para el escenario probado, sin embargo esta propuesta posee la inversión mayor. La propuesta de redistribución del flujo de proceso junto con el rediseño de los puestos de trabajo posee un costo menor de inversión, pero su reducción del tiempo operativo es menor que la alcanzada con la primera propuesta.

Se recomienda iniciar con la implementación a corto plazo de ésta última, y valorar la posibilidad de a un plazo mayor incorporar el registro digital en las labores del Taller, debido a que como se demostró con el ejemplo probado, permite aumentar en mayor cantidad de tiempo la capacidad operativa del trabajo en transformadores.

VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

En este capítulo se plantean los planes de implementación para las propuestas descritas anteriormente. Estos planes incluyen los periodos de realización de las actividades necesarias para la ejecución de las propuestas así como sus respectivos responsables.

Plan de Implementación para la propuesta del Modelo de Cálculo de Capacidad

En el Cuadro No. 34 se muestra el plan de implementación de la Propuesta del Modelo desarrollado en el presente trabajo

Cuadro No. 34 Plan de Implementación del Modelo de Cálculo de Capacidad

Actividad	Acciones	Duración	Responsable	Involucrados	Costo
Capacitación Modelo de cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico	Explicar el funcionamiento del modelo, sus entradas y salidas	1 hora	Estudiante	Estudiante	₡ 6,912.00
	Demostración práctica del modelo			Técnicos del Taller	
	Explicar el manual de usuario del modelo				

Fuente: Elaboración Estudiante

Para esta propuesta se requiere realizar una capacitación a los operarios sobre el uso del modelo, lo que conlleva el paro de sus labores durante el tiempo estimado para la capacitación. El costo presentado en el Cuadro No. 34 se refiere al pago del salario normal para los trabajadores debido al tiempo invertido en la capacitación.

Para la capacitación se propone la explicación del funcionamiento del modelo, es importante que los operarios comprendan las limitaciones del modelo y de sus cálculos, y de cómo interpretar las salidas del mismo para retroalimentar la toma de decisiones sobre los procesos que realizan.

Por otro lado, se incluye la explicación del manual de usuario de la herramienta diseñada para que sea un medio de consulta al tratar con el modelo en la práctica.

Para comprobar la comprensión del modelo, se plantea el realizar demostraciones del funcionamiento del modelo así como el que los operarios practiquen el uso de este durante la capacitación.

Plan de Implementación para la propuesta Reducción de Demoras

El Cuadro No. 35 expone las actividades para la implementación de la propuesta de registro de la Hoja Digital y el rediseño de los puestos de trabajo.

Cuadro No. 35 Plan de Implementación para la Propuesta Reducción de Demoras

Actividad	Acciones	Duración	Responsable	Involucrados	Costo
Programación de hoja digital en el Sistema	Diseñar adaptación de la hoja al sistema de software de la empresa	5 días	Colaboradores del Departamento de Tecnologías de Información de COOPELESCA R.L	Departamento de Tecnologías de Información de COOPELESCA R.L y Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica	¢ 166,700.00
Compra de Tabletas	Realizar la orden de compra para las Tabletas en almacenes COOPELESCA R.L	3 días	Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica	Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica	¢ 274,691.84
Compra e instalación de Router	Realizar la compra del router	2 días	Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica	Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica	¢ 26,900.00
Capacitar sobre el uso de la Hoja	Explicar el funcionamiento de la hoja digital	1 hora	Departamento de Tecnologías de Información de COOPELESCA R.L	Departamento de Tecnologías de Información de COOPELESCA R.L y Operarios del Taller Eléctrico	¢ 13,824.00
	Explicar el uso del sistema de la empresa para acceder a las hojas y guardar los registros				
	Realizar pruebas de comprobación de uso adecuado de las hojas digitales				
Elaboración de espacios de almacenamiento en mesas de trabajo	Fabricar los espacios de Almacenamiento nuevos para las mesas de trabajo	4 días	Taller NORCAM	Taller NORCAM y Taller Eléctrico	¢ 1 209,100.00
Instalación agregados a mesas de trabajo	Realizar la unión entre los espacios de almacenamiento y las mesas de trabajo en el Taller Eléctrico	6 horas	Taller NORCAM	Taller NORCAM y Taller Eléctrico	Incluido en el costo de elaboración
Total					¢ 1 691, 215.00

Fuente: COOPELESCA y Taller NORCAM

Para la elaboración de la hoja de registro digital se requiere de las labores del Departamento de Tecnologías de Información para diseñar una adaptación del formato y funcionamiento de la hoja propuesta con el sistema de la empresa, para ello en la implementación se incluye el periodo de labor del personal encargado de realizar dichos cambios, lo que se traduce en un costo salarial para los mismos durante dicho periodo. Sumado a esto, se encuentra el tiempo destinado a la compra de las tabletas y al “router” que se colocará en el área del taller, para la compra de estos equipos se destina como responsable al Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ La herramienta diseñada para calcular la capacidad en el Taller Eléctrico permite modelar la realización de los mantenimientos de transformadores según su tipo y potencia, presentando un manejo similar al realizado por el Jefe del Taller en sus reportes mensuales por lo que se facilita su entendimiento para una futura implementación.
- ✓ El reporte que genera el modelo de cálculo de capacidad ofrece resultados base para la toma de decisiones en el Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica, tanto para sus labores como para las del Taller Eléctrico. Su beneficio radica en el conocimiento de la capacidad del Taller para emprender acciones en pro de su mejora.
- ✓ El registro digital de los resultados de los mantenimientos se propone porque debido a que existe un interés por pasar del registro físico al digital es importante determinar cómo influye la forma en la que se ingresan los datos en las labores del Taller, con el fin de crear un medio que facilite el proceso de anotación de resultados, reduciendo la posibilidad de error humano en el ingreso de datos de manera manual y disminuyendo el tiempo de dicha actividad.
- ✓ Asimismo, la propuesta de la hoja digital eliminaría las demoras por búsqueda de AMPOS (0,505 minutos), lo que a su vez se traduce en un uso menor de papel y liberación de espacio en la bodega de suministros debido a los estantes donde estos se almacenan. De igual manera, el diseño de los puestos de trabajo reduce el tiempo de demora por traer o llevar los equipos para la prueba de relación y de aislamiento (0,353 minutos).
- ✓ Para la evaluación de las propuestas se utiliza un escenario de prueba con respecto a los tiempos actuales, la primera propuesta resulta en una disminución de 1,67 horas y la segunda en 0,55 horas. Siendo la propuesta

número uno la que posee mayor inversión, se recomienda iniciar con la implementación de la propuesta número dos, y a largo plazo desarrollar la inclusión de hojas de registro digital a las labores del taller.

RECOMENDACIONES

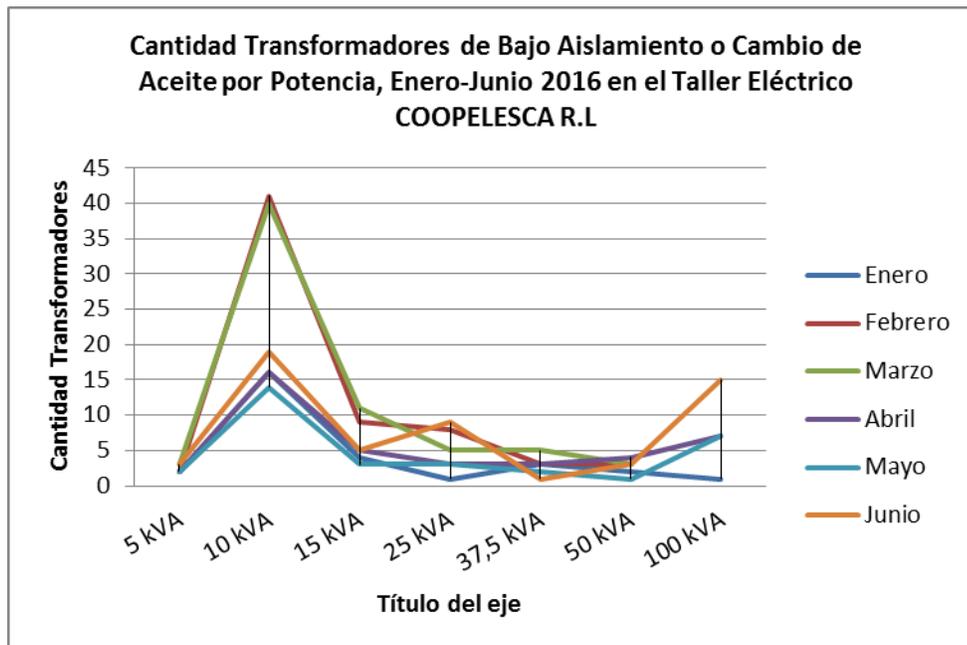
- ✓ Se recomienda extender el estudio de tiempos de los elementos propuestos con el fin obtener más cantidad de muestra para otorgar mayor confiabilidad a los tiempos determinados.
- ✓ Según observaciones del Jefe del Taller la ejecución de los trabajos en luminarias podría no conllevar la cantidad de tiempo que se le brinda actualmente, por lo que se recomienda estudiar los tiempos de estos equipos y de las pértigas para valorar la oportunidad de asignar parte del tiempo disponible en la jornada laboral del operario a cargo a la ayuda de revisión de transformadores.
- ✓ Al igual que el estudio de tiempos para los procesos se recomienda continuar la toma de tiempos para el llenado de la hoja en su formato digital.
- ✓ Con el uso del modelo se pretende que los resultados de la utilización de la capacidad operativa del Taller sea de conocimiento no sólo del Jefe del Taller y el Jefe del Departamento en cuestión sino que dicha información pueda ser de conocimiento para los operarios con el fin de que puedan retroalimentar el ejercicio de sus labores.
- ✓ También se propone el realizar cambios en el almacenamiento del Equipo para pruebas de Relación de transformación, esto porque en la preparación del equipo los cables de alimentación de ésta se enredan entre sí lo que conlleva tiempo el desenredarlos, lo que se puede solucionar con el uso de una espiral agrupa cables.

- ✓ Se plantea como opción de marcado de transformadores, el cambiar los textos “Bajo Aislamiento”, “Pintura” y “Cambio de Aceite” por códigos como “BA”, “P” y “CA” para disminuir el tiempo de marcado de los mismos.
- ✓ Un aspecto observado durante la permanencia en el Taller Eléctrico es que no se conoce con seguridad los periodos de consumos de suministros como guantes o toallas, requeridos en los procesos de revisión de transformadores, lo que crea desabastecimiento de los mismos sumado a los atrasos en el proceso de orden de compra, por lo que se motiva a prestar atención a esta situación no sólo para abastecer adecuadamente sino también como motivación a los técnicos del Taller quienes presentan disconformidad sobre esta situación.
- ✓ Otra observación sobre uno de los suministros es con respecto al tipo de guantes que se utilizan, ya que la marca de los mismos fue sustituida por otra y según los operarios estos se expanden al contacto con el aceite más rápido que los anteriores, ocasionando parar el proceso de cambio de empaques para realizar el cambio de los mismos, por lo que se recomienda estudiar el costo beneficio de la utilización de la nueva marca de guantes.
- ✓ Se recomienda extender el alcance del modelo no sólo al estudio de los trabajos completos en transformadores sino también a la separación de los tiempos del proceso antes de enviar las cubas a pintura, el de colocación del núcleo en el horno y del proceso después de la llegada de las cubas pintadas, debido a que cuando se realizan los reportes algunos trabajos se encuentran en alguno de estos procesos y el ingreso de estos al modelo permitirá obtener en el resultado de la utilización de la capacidad operativa el aporte de estos trabajos intermedios realizados.

✓ **Recomendación sobre un Inventario de Reserva de cubas pintadas**

El proceso que más involucra tiempo en un transformador es su proceso de pintura. A este proceso van los transformadores con Bajo Aislamiento, Cambio de Aceite y de Pintura y los que únicamente requieren cambio de Pintura. Este es realizado fuera de la empresa, y según el Jefe del Taller Eléctrico tarda aproximadamente una semana para regresar al Taller, podrían tardar un poco más de una semana.

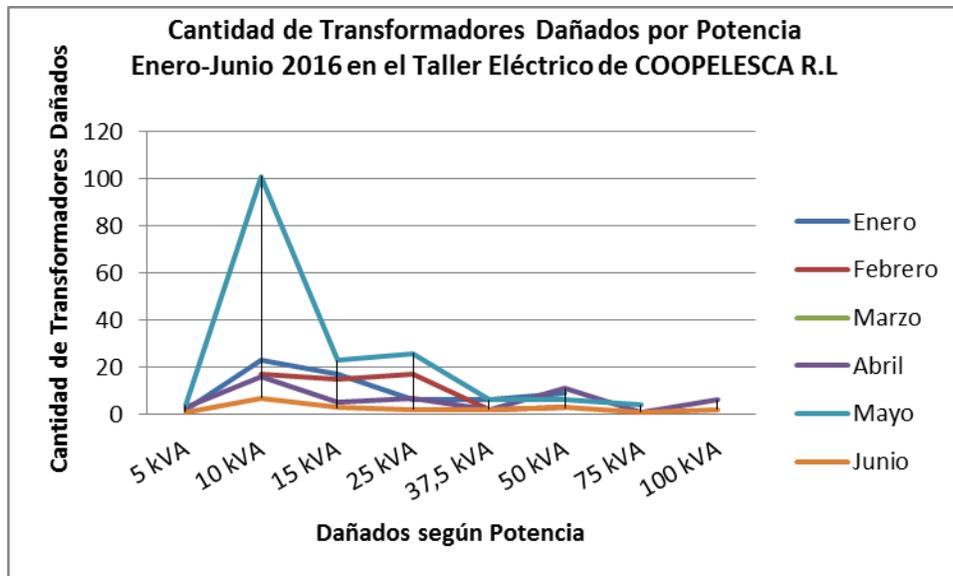
Debido a lo anterior, se estudian los registros del flujo de trabajo en transformadores los primeros seis meses del año 2016, y se obtienen los siguientes resultados.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 78 Transformadores con Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite según potencia durante el primer semestre 2016 en el Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Según la Figura No. 78 la potencia para la cual se presenta la mayor cantidad de trabajos de Bajo Aislamiento y Cambio de Aceite con Pintura durante el periodo de enero a junio del 2016 es la Potencia 10 KVA.



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 79 Transformadores Dañados según su potencia durante el primer semestre 2016 en el Taller Eléctrico de COOPELESCA R.L.

En la Figura No. 79 esta misma potencia es la que presenta la mayor cantidad de transformadores dañados durante ese mismo periodo. Según el Jefe del taller esta situación se presenta debido a que esta es la potencia que mayormente se utiliza en la Red Eléctrica de la empresa y por eso representa el mayor flujo de trabajo en estos tipos de mantenimiento.

Actualmente, se guardan las cubas de algunos transformadores dañados para su uso como repuesto, estos se almacenan juntos con los transformadores sospechosos de PCB que resultaron positivos. Sin embargo, para que la cuba de un transformador pueda ser utilizada en otro deben de ser de la misma marca, potencia y tipo. Esto no siempre coincide con los trabajos de bajo aislamiento o de cambio de aceite con pintura, y los trabajos de adaptación a otras características diferentes a las que fue fabricada la cuba conllevarían más tiempo que el de armar un transformador con su correspondiente cuba pintada.

Este tipo de trabajo de adaptación no es frecuente en el Taller y dado el alcance y el tiempo de realización de este proyecto tampoco fue considerado dentro del estudio de tiempos. Por lo tanto, se recomienda analizar esta situación a futuro

para observar la posibilidad de realizar este tipo de trabajo para disminuir el tiempo de espera de los transformadores cuya cuba ha salido a proceso de pintura.

No obstante, actualmente se podrían realizar revisiones previas de los trabajos que esperan entrar al taller, para observar cuales por motivo de año de fabricación o por su potencia 10 kVA podrían resultar dañados e identificar por su marca y tipo cuántos son iguales entre sí a modo de que estos se revisen primero para enviar a pintura las cubas que podrían reemplazar las de los otros transformadores con bajo aislamiento y cambio de aceite con pintura.

- ✓ Se recomienda también el uso de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) o mapeo de la cadena de valor en estudios futuros para identificar las actividades de valor y no valor añadido en los procesos del taller eléctrico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Avelino, Pedro. *Transformadores de distribución: Teoría, cálculo, construcción y pruebas*. México, Editorial REVERTÉ, Segunda edición, 2001.
- ✓ Casas, Néstor. *Teoría de las Restricciones o los Cuellos de Botella*. Revista M&M (El Mueble y la Madera), No.49, 81-85, Septiembre-Noviembre, 2005.
- ✓ COOPELESCA R.L. *Manual de Procedimientos para Luminarias (Manual) CV2.15*. Versión 4. Ciudad Quesada, 2016.
- ✓ COOPELESCA R.L. *Manual de Procedimientos para Pértiga Telescópica de COOPELESCA CV2.15*. (Manual). Versión 4. Ciudad Quesada, 2016.
- ✓ COOPELESCA R.L. *Sitio Web Oficial*. Agosto, 2016, http://www.coopelesca.co.cr/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1
- ✓ Cruelles, José. *Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. México, Alfaomega Grupo Editor, Primera Edición, 2013.
- ✓ De la Parra, Erick. *Guía práctica para lograr calidad en el servicio*. México, Grupo Editorial ISEF, 2006
- ✓ Enríquez, Gilberto. *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. México, LIMUSA, 2004.
- ✓ Harbour, Jerry. *Manual de Trabajo de Reingeniería de Procesos*. México, Panorama Editorial, 1995.
- ✓ INFOCOOP (Instituto Nacional de Fomento Cooperativo). *¿Qué es una cooperativa?* Agosto, 2016, http://www.infocoop.go.cr/preguntas_frecuentes.html
- ✓ Kanawaty, G. *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra, Suiza, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta Edición, 1996.
- ✓ Niebel, Benjamín; Freivalds, Andris. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del Trabajo*. México, MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Duodécima edición, 2009.

- ✓ Render, Barry; Heizer, Jay. *Principios de administración de operaciones*. México, PEARSON EDUCACIÓN, Séptima edición, 2009.

APÉNDICES

Apéndice 1. Flujo de Mantenimiento de Equipos Enero-Junio 2016

A continuación se muestra la información de los trabajos realizados en el Taller eléctrico según el tipo de equipo durante el periodo de enero a julio del año 2016:

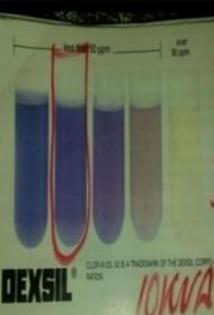
Cuadro No. 37 Flujo de Mantenimiento de Equipos en el Taller Eléctrico
Enero-Julio 2016

Año 2016	Luminarias	Transformadores	Pértigas	
Enero	23	110	11	
febrero	6	102	13	
Marzo	58	163	6	
Abril	18	79	10	
Mayo	31	205	10	
Junio	27	107	7	
Julio	55	107	13	Suma Total
Total	218	873	70	1161
Porcentaje	18,8%	75,2%	6,0%	100%

Fuente: Taller Eléctrico COOPELESCA R.

Apéndice 2. Fotografías Pruebas, Operaciones y otros

Cuadro No. 38 Fotografías de Pruebas, Operaciones y otros

Colocación de Puente	Prueba de Aislamiento	Colocación de Núcleo	Manipulación Máquina de Pruebas Eléctricas
			
Prueba de Cortocircuito	Cambio de Empaques	Extracción de Aceite	Empaques y Accesorios guardados en recipiente
			
Prueba de Relación de Transformación	Resultado Prueba Cloros PCB	Colocación de núcleos en tarima	
			

Fuente: Elaboración Estudiante

GLOSARIO

Transformador Autoprotegido: Posee un disyuntor termomagnético y se caracteriza por poseer un único borne primario con fusible.

Disyuntor Termomagnético: es un dispositivo que sirve para interrumpir la corriente eléctrica en un circuito cuando ésta sobrepasa valores máximos.

Transformador Convencional: No posee disyuntor termomagnético, y tiene dos bornes primarios.

PCB: Policloruro de bifenilo, son compuestos que tienen aplicación en el intercambio de calor y fluidos dieléctricos, pero es un contaminante ambiental y nocivo para la salud humana.

Puente: arco de cobre recubierto con cinta que se utiliza para conectar las bobinas en algunas de las pruebas.

Apéndice 3. Inicio y Fin de Elementos

Número	Elemento	Inicio	Fin	Observaciones
1	Transportado de Área de Lavado a Mesa 2	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en Área de mesa 2 y libera carretilla	
2	Enjabonado	Operario toma el aspersor de mano	Operario se dirige a bodega de suminitros por hidrolavadora	
3	Transportado Mesa 1 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de almacenamiento 2	Elemento común para ambas mesas de trabajo
4	Espera Preparación Máquina de Lavado	Operario llega con máquina a área de lavado	Operario enciende hidrolavadora	
5	Transformador Lavado	Operario enciende hidrolavadora	Operario apaga hidrolavadora	Se toma a la tarima y se divide entre la cantidad de transf.
6	Transportado Área de Lavado a Mesa 1	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de mesa 1 y libera carretilla	
7	Espera mientras se guarda máquina lavado	Operario apaga hidrolavadora	Operario se dirige a bodega de suminitros con hidrolavadora	
8	Espera Lavado de área de lavado	Operario se dirige a área de lavado para lavarla	Operario apaga hidrolavadora	
9	Herrajes retirados y clasificados	Operario se dirige a transformador con herramienta	Operario termina de retirar y desechar herrajes del transformador	
10	Acomodado para las pruebas	Operario se dirige con tecla hacia transformador	Operario quita cuerda de agarraderas del transformador	
11	Transportado a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en cuarto Pruebas Eléctricas	
12	Transportado cuarto Pruebas Eléctricas desde mesa 2	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en cuarto Pruebas Eléctricas	
13	Transportado Mesa 1 a Área almacenamiento 1	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de almacenamiento 1	
14	Transportado Mesa 2 a Área de Almacenamiento 1	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de almacenamiento 1	
15	Transportado Mesa 1 a Horno	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en horno y cierra horno	
16	Transportado Mesa 2 a horno	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en horno y cierra horno	
17	Transportado de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en cuarto seco	
18	Transportado de cuarto seco a área de salida	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de salida	
19	Espera Llenar datos iniciales	Operario toma lapicero y se dirige a transformador	Operario termina de llenar datos iniciales (pasa la hoja)	
20	Espera Traer/llevar (hojas en blanco, etiquetas de	Operario se dirige a bodega de suministros	Operario llega a mesa de trabajo	
21	Espera traer/llevar las máquinas de rel, aísla, y maq etiquetas finales	Operario se dirige a cuarto seco	Operario llega a mesa de trabajo	
22	Espera preparación máquina de prueba de relación	Operario llega a mesa de trabajo con máquina	Operario termina de extender los cables de alimentación	
23	Preparado para prueba de Relación	Operario se dirige a transformador con cables de alimentación	Operario termina de colocar cables de alimentación	
24	Prueba de Relación de transformación ejecutada	Operario se dirige al cambiador de TAPS	Operario toma lapicero	
25	Espera anotar resultados Prueba de Relación de Transf.	Operario toma lapicero	Operario se dirige al cambiador de TAPS	5 posiciones, última operario guarda máquina
26	Espera guardar máquina de Prueba de Relación	Operario se dirige a tomar cables de alimentación del transformador	Operario cierra estuche de máquina de Prueba de Relación	
27	Tiempo Máquina Prueba de aceite	Operario presiona botón inicio de la máquina	Máquina proyecta resultado final en pantalla	Este tiempo varía según las condiciones del aceite
28	Espera por búsqueda de puentes mesa 2	Operario se dirige hacia cuarto de pruebas eléctricas	Operario llega a mesa de trabajo 2 con puentes	
29	Espera por búsqueda de puentes mesa 1	Operario se dirige hacia cuarto de pruebas eléctricas	Operario llega a mesa de trabajo 1 con puentes	
30	Puente Colocado	Operario se dirige a transformador con puente	Operario termina de colocar puente en transformador	Convencional 2 puentes, Auto-protégido 1 puente

Número	Elemento	Inicio	Fin	Observaciones
31	Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento	Operario llega a mesa de trabajo con máquina	Operario termina de extender los cables de alimentación	
32	Terminales Autoprotectido Calentadas	Operario toma gas propano	Operario apaga el gas propano	Convencional posee dos bornes primarios
33	Terminales Convencional Calentadas	Operario toma gas propano	Operario apaga el gas propano	Auto-protectido posee un borne primario
34	Preparado para Prueba de Aislamiento	Operario se dirige hacia transformador con cables de alimentación	Operario presiona inicio en la máquina de Prueba de Aislamiento	3 preparaciones Conv/ 2 preparaciones auto.
35	Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento	Operario toma lapicero	Operario suelta lapicero	Prueba de Aislamiento dura 1 minuto, tiempo máquina
36	Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento	Operario se dirige a los cables colocados en el transformador	Operario cierra estuche de máquina de Prueba de Aislamiento	
37	Preparado para Prueba de Cortocircuito	Operario toma cables de alimentación de máquina de Pruebas Eléctricas	Operario llega a máquina de Pruebas Eléctricas	
38	Prueba de Cortocircuito ejecutada	Operario llega a máquina de Pruebas Eléctricas	Operario suelta perilla y pedal de máquina de Pruebas Eléctricas	
39	Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito	Operario suelta perilla y pedal de máquina de Pruebas Eléctricas	Operario suelta lapicero	
40	Puente removido del transformador	Operario suelta lapicero y se dirige a transformador	Operario coloca puente en la pared del cuarto de Pruebas Eléctricas	Si es convencional quitar un puente antes de P.Cortocircuito
41	Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas	Operario coloca puente en la pared del cuarto de pruebas eléctricas	Operario llega a máquina de Pruebas Eléctricas	
42	Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada	Operario llega a máquina de Pruebas Eléctricas	Operario suelta perilla y pedal de máquina de Pruebas Eléctricas	
43	Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas	Operario suelta perilla y pedal de máquina de Pruebas Eléctricas	Operario suelta lapicero	
44	Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos	Operario suelta lapicero después de prueba de pérdidas eléctricas	Operario coloca cables de alimentación en pared de cuarto de Pruebas Eléctricas	
45	Terminales de bornes ajustadas	Operario coloca cables de alimentación en pared de cuarto de Pruebas Eléctricas	Operario termina de ajustar las terminales de los bornes	
46	Transportado de cuarto de Pruebas Eléctricas a área de salida	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de salida	
47	Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida	Operario llega a mesa de trabajo con máquina	Operario ingresa a archivo guardado de etiqueta	
48	Espera impresión de etiqueta	Operario selecciona etiqueta	Operario toma etiqueta impresa	
49	Etiqueta de salida pegada	Operario toma etiqueta impresa y se dirige a transformador	Operario termina de colocar etiqueta en transformador	
50	Espera Llenar Cálculos de la hoja	Operario toma la calculadora	Operario termina de llenar datos en área de cálculos de la hoja	
51	Espera Llenar Observaciones cambio aceite, pintura, dañado, nuevo, bajo Ais.	Operario toma lapicero y se dirige a espacio de observaciones en hoja	Operario suelta lapicero	
52	Espera ser apuntado en boleta salida a bodega	Operario toma boleta de salida	Operario termina de llenar la salida del transformador	
53	Hoja de mantenimiento guardada en AMPO	Operario abre AMPO	Operario presiona cierre de prensa de AMPO	
54	Tapa del Transformador abierta	Operario se dirige a Tapa del transformador con herramienta	Operario ajusta tapa abierta sobre el transformador	
55	Espera traer/dejar máquina de extracción de aceite	Operario se dirige a máquina de extracción de aceite usado	Operario regresa a centro taller	La máquina se ubica cerca de Mesa 2 y el Horno
56	Espera preparar máquina de extracción aceite	Operario llega con máquina de extracción de aceite a mesa de trabajo	Operario se dirige al transformador con manguera de máq. de extracción de aceite	
57	Aceite drenado	Operario se dirige al transformador con manguera de máq. de Extracción de Aceite	Operario apaga máquina	
58	Desarmado de partes transformador dañado	Operario se dirige al transformador dañado y con su tapa abierta	Operario termina de desarmar transformador dañado	
59	Núcleo extraído	Operario se dirige a transformador con Tecte	Operario quita cuerda del núcleo colocado en tarima	
60	Espera guardar máquina de extracción de aceite	Operario apaga máquina de extracción	Operario termina de enrollar mangueras de la máquina	

Número	Elemento	Inicio	Fin	Observaciones
61	Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 2	Operario se dirige a horno	Operario regresa a Mesa de trabajo 2	
62	Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 1	Operario se dirige a horno	Operario regresa a Mesa de trabajo 1	
63	Espera Traer/dejar Teclé	Operario se dirige a traer Teclé	Operario llega con teclé a mesa de trabajo	El teclé se mantiene cerca de la pared en medio del taller
64	Marcado con "Dañado" "Cambio aceite" "Pintura"	Operario toma marcador	Operario retira marcador de transformador	
65	Plástico colocado	Operario se dirige con el plástico hacia el transformador dañado desarmado	Operario termina de presionar plástico sobre el transformador	
66	Espera preparación de herramientas	Operario se dirige a caja de herramientas	Operario termina de posicionar herramientas para su uso	
67	Tapa cerrada Transformador dañado	Operario toma la tapa del transformador dañado	Operario termina de cerrar tapa transformador dañado	Operación menos detallada que el cerrar la tapa de un transf. bueno
68	Envase de muestra ambientado	Operario se dirige a tomar envase de muestra de aceite para P. de Rigidez dieléctrica	Operario deposita el aceite extraído de la tercera ocasión en tanque para este uso	Para ambientar se extrae aceite del transformador 3 veces
69	Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)	Operario se dirige a transformador con envase ambientado	Operario presiona inicio en la máquina de Prueba de aceite	
70	Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada	Operario presiona inicio en máquina de prueba de aceite	Operario coloca boquilla de extracción de muestra en pared de cuarto seco	
71	Empaques cambiados desde el transformador	Operario coloca boquilla de extracción de muestra en pared de cuarto seco	Operario toma aro de tapa para lavarlo	
72	Aro de Tapa lavado	Operario toma aro de tapa para lavarlo	Operario regresa al cuarto seco con aro lavado	Pila se encuentra en el área de salida
73	Alicate de presión colocado	Operario se dirige a transformador con alicate de presión	Operario termina de sujetar alicate en terminales del núcleo	
74	Espera anotar resultados prueba de Aceite transformador	Operario toma lapicero	Operario suelta lapicero	Anotar cinco resultados y el promedio de la P. de Aceite
75	Espera anotar dato prueba aceite tanque	Operario toma lapicero	Operario suelta lapicero	Conlleva anotar descripción del Tanque de aceite utilizado
76	Espera buscar hoja correspondiente por pintura, cambio aceite.	Operario abre AMPO	Operario desprende hoja del AMPO	Al Taller los transformadores/cubas enviados a Pintura
77	Espera anotar número a buscar en etiquetas	Operario toma lapicero	Operario termina de anotar número de transformador a buscar en etiquetas	En papel para no llevar las hojas a la bodega de suministros
78	Espera buscar etiquetas	Operario lee número escrito	Operario coloca grupo de etiquetas del transformador en mesa Bodega Suministros	
79	Etiquetado después de pintura	Operario se dirige a transformador con etiquetas	Operario deposita la basura de las etiquetas en el basurero de su mesa de trabajo	
80	Cambiador de TAPS etiquetado	Operario se dirige a transformador con etiqueta de seguridad cambiador de TAPS	Operario deposita basura de las etiquetas en el basurero de su mesa de trabajo	
81	Número y encabezado Pruebas Aísla. Núcleo anotados	Operario se dirige a núcleo con hoja y lapicero	Operario termina de escribir número transformador y siglas de P. de Aislamiento	Se escriben los resultados en una hoja en blanco
82	Resultados tachados de núcleo que falla	Operario toma lapicero	Operario termina de tachar resultados del núcleo que falla prueba de Aislamiento	
83	Colocado de etiqueta número Transf. Nuevo	Operario se dirige a transformador con etiqueta de número	Operario deposita la basura de las etiquetas en el basurero de su mesa de trabajo	Sólo se coloca la etiqueta de número, ya posee las demás
84	Espera Operario va a Oficina	Operario se dirige a Oficina	Operario ingresa a oficina	
85	Hoja Escaneada	Operario se dirige a Impresora	Hoja termina escaneado	
86	Hoja escaneada ubicada en computadora	Hoja termina escaneado	Operario localiza archivo de la hoja escaneada	
87	Correo por garantía enviado	Operario localiza archivo de la hoja escaneada	Operario da click en enviar correo	
88	Recipiente con empaques y accesorios marcado	Operario toma marcador	Operario coloca recipiente marcado en mesa	
89	Desarmado para bajo aislamiento o cambio de aceite	Operario se dirige a transformador con herramienta	Operario finaliza desarmado de partes del transformador	
90	Núcleo limpiado y marcado con número transformador	Operario se dirige a núcleo con marcador y aspersor de mano	Operario finaliza de marcar número en núcleo	El aspersor contiene dieléctrico

Número	Elemento	Inicio	Fin	Observaciones
91	Restos de aceite vaciados y cuba limpia	Operario se dirige a cuba con aspersor de mano	Operario finaliza limpieza de cuba	
92	Lavado por arena	Operario enciende máquina de lavado	Operario apaga máquina de lavado	
93	Pintura en spray aplicada	Operario toma pintura en spray	Operario termina de colocar pintura al fondo de la cuba	
94	Espera para preparar/guardar manguera lavado arena	Operario llega con máquina a área de lavado/operario apaga máquina de lavado	Operario enciende máquina/operario se dirige a bodega de suministros	
95	Núcleo acomodado dentro del transformador	Operario se dirige a núcleo con el teclé	Operario retira cuerdas del núcleo	
96	Empaques desde recipiente cambiados	Operario se dirige a recipiente de accesorios y empaques	Operario finaliza armado de empaques y accesorios	
97	Tapa, bobinas primarias y Aro ensamblados con núcleo	Operario se dirige a tomar tapa	Operario ensambla núcleo con bornes, tapa y aro	
98	Espera limpiar y guardar herramientas	Operario se dirige a herramientas	Operario finaliza de colocar las herramientas limpias en la caja	Cuando entran en contacto con aceite
99	Tanque con aceite nuevo abierto	Operario se dirige a tanque de aceite nuevo con herramientas	Operario toma tapa de tanque abierto	
100	Llenado con aceite	Operario se dirige con manguera máq. de llenado de aceite hacia el transformador	Operario apaga máquina de llenado de aceite	
101	Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite	Operario toma Tapa del transformador	Operario deposita aceite de prueba en tanque para este uso	dentro de cuarto seco
102	Espera por búsqueda de frasco de muestra	Operario se dirige a bodega de suministros	Operario regresa a mesa de trabajo con frasco para muestra	
103	Frasco rotulado marcador	Operario toma lapicero	Operario coloca frasco con tapa rotulada sobre la mesa de trabajo	
104	Espera por colocación de EPP	Operario se dirige a bodega de suministros	Operario termina de colocarse el equipo de protección personal	
105	Muestra aceite PCB del transformador extraída	Operario se dirige a transformador con frasco para muestra	Operario cierra frasco y lo coloca sobre la mesa de trabajo	
106	Espera digitar Etiqueta frasco muestra PCB	Operario digita la etiqueta para el frasco con la muestra	Operario finaliza digitación de etiqueta en máquina	el frasco recibe doble rotulación
107	Frasco muestra PCB etiquetado	Operario toma etiqueta de frasco	Operario termina la colocación de la etiqueta en el frasco	
108	Espera al llevar muestra PCB a cuarto seco	Operario toma frasco de muestra	Operario llega a cuarto seco con frasco de muestra	
109	Espera Traer de bodega kit de Prueba Colorimetría	Operario se dirige a bodega de suministros	Operario llega a cuarto seco con kit de colorimetría	
110	Kit de Prueba Colorimetría preparado	Operario llega a cuarto seco con kit de colorimetría	Operario coloca tubos de ensayo en forma vertical	
111	Muestra de frasco tomada	Operario toma pipeta de extracción de muestra	Operario deposita muestra tomada en primer tubo de ensayo	
112	Quiebre primera y segunda ampolla realizados	Operario deposita muestra tomada en tubo de ensayo tapa negra	Operario termina de agitar tubo ensayo tapa negra	
113	Sustancias de ambos tubos combinadas	Operario termina de agitar tubo ensayo tapa negra	Operario abre válvula de alivio de tubo de ensayo y lo coloca boca abajo	
114	Cloros pasados a tubo de tapa blanca y comparar	Operario toma tubo de ensayo boca abajo	Operario toma marcador	
115	Espera anotar resultados en ficha de colores	Operario toma marcador	Operario suelta marcador	Se marca el resultado en la ficha de colores
116	Ampolla Inhibidora depositada	Operario suelta marcador	Operario coloca ampolla y tubos en caja	
117	Ficha de colores pegada en hoja de mantenimiento	Operario coloca ampolla y tubos en caja	Operario pega grapa en ficha de colores y hoja de mantenimiento	
118	Espera llenar hojas con Observaciones PCB	Operario pega grapa en ficha de colores y hoja de mantenimiento	Operario suelta lapicero	
119	Frasco de muestra guardado en caja	Operario suelta lapicero	Operario deja frasco en caja	
120	kit de prueba guardado en caja	Operario deja frasco en caja	Operario deja kit de prueba en caja	
121	Cajas cerradas y llevadas a bodega	Operario toma las cajas	Operario deja cajas en bodega	
122	Sistema en la computadora abierto	Operario llega a computadora en oficina	Operario abre sistema	
123	Espera ingresar datos en hoja del sistema	Operario inicia ingreso de datos en hoja de mantenimiento digital	Operación concluye ingreso de datos	
124	Transportado Mesa 1 o 2 a cuarto seco	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en cuarto seco/ inverso en mesa de trabajo	
125	Transportado nuevos área salida a mesa 1 o 2	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de mesa de trabajo	
126	Transportado nuevos mesa 1 a cuarto pruebas eléctricas	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en cuarto de pruebas eléctricas	
127	Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas a área de salida	Operario trae carretilla	Operario coloca tarima en área de salida	
128	Espera colocación de guantes	Operario se dirige a caja de guantes	Operario termina de ajustarse los guantes	Los guantes se encuentran en las mesas de trabajo

Apéndice 5. Tamaños de muestra recomendados para los tiempos recolectados

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados		10 réplicas/ error 5% / t=2,685					
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
1	Colocación Jabón	0,5167	0,1217	0,4917	160,0396	18	15%
2	Retirar Herrajes	2,6517	1,1884	2,7000	579,1963	15	31%
3	Acomodo para pruebas	0,5683	0,1697	0,5750	83,0314	22	17%
4	Llenar hoja con datos iniciales	1,5083	0,2181	1,5083	60,2662	52	5%
5	Preparación prueba de relación	0,4400	0,1682	0,4833	421,2955	36	17%
6	Prueba de Relación	0,2200	0,0270	0,2167	43,3984	59	4%
7	Anotar dato Prueba de Relación en hoja	0,0617	0,0112	0,0667	95,9599	34	8%
8	Colocación de Puentes	0,5800	0,1229	0,5583	129,5366	43	9%
9	Espera preparación de Prueba de Aislamiento	0,3083	0,0672	0,2833	137,1525	60	8%
10	Anotar dato prueba Aislamiento en hoja	0,1450	0,0465	0,1417	296,7489	44	13%
11	Preparación Prueba Cortocircuito	0,6400	0,1436	0,6167	145,2391	35	10%
12	Prueba Cortocircuito	0,5100	0,1240	0,5083	170,5473	36	11%
13	Anotar dato Prueba Cortocircuito en hoja	0,2800	0,0823	0,2833	249,3006	31	14%
14	Quitar un Puente	0,5250	0,1250	0,5667	163,5565	28	12%
15	Preparar Prueba de Pérdidas	0,4783	0,0991	0,4750	123,7398	22	12%
16	Prueba Pérdidas	0,4517	0,1238	0,4333	216,7904	42	11%
17	Anotar dato Prueba Perdidas en hoja	0,2153	0,0309	0,2183	59,4579	41	6%
18	Buscar todas las etiquetas (pintura)	0,3967	0,0728	0,4000	97,0673	14	13%
19	Colocar etiqueta de cambiador de TAPS	0,2233	0,0568	0,2333	186,2947	10	22%
20	Calentar Terminales Convencional	1,9117	0,5250	1,7000	217,4899	12	21%
21	Llenar cálculos en hoja	0,5450	0,0599	0,5333	34,7893	12	9%
22	Apuntar hoja salida a bodega	0,8617	0,0561	0,8583	12,2392	28	3%
23	Etiquetar (salida)	0,2050	0,0485	0,2000	161,1699	12	18%
24	Colocar hoja en AMPO	0,2150	0,0461	0,2167	132,6629	20	13%
25	Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	0,7867	0,2558	0,7333	304,8453	14	23%
26	Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 2	1,0600	0,1634	1,0750	120,5936	20	9%
27	Cerrar Tapa y Aro y retirar muestra	2,8883	0,6744	2,8170	157,2200	22	13%
28	Extraer muestra del vaso	0,8400	0,1474	0,8330	88,1510	10	15%
29	Realizar quiebre primera y segunda ampolla	1,0500	0,0601	1,0170	9,4073	11	5%
30	Pasar Cloros a tubo de tapa blanca y comparar	0,8600	0,1089	0,8750	46,2590	12	10%
31	Anotar resultados Prueba PCB	0,4100	0,0630	0,4170	68,5930	12	12%
32	Depositar Ampolla Inhibidora	0,6700	0,0936	0,6920	56,2290	12	11%
33	Ingresar datos en hoja del sistema	2,3700	0,3515	2,4000	63,6250	12	11%
34	Lavado transformador	2,3740	0,7791	2,6438	310,5478	13	24%
35	Abrir tapa Transformador	1,7233	0,5659	1,6417	310,9077	26	17%
36	Llenar número a buscar boetilla	0,1867	0,0443	0,1917	162,4541	10	20%
37	Extraer núcleo	1,7933	0,3968	1,6167	141,1527	15	15%
38	Limpiar y marcar número en núcleo	0,5683	0,1151	0,6083	118,1835	10	17%
39	Vaciar restos de aceite y limpiar cuba	1,7133	0,5269	1,5833	272,7429	18	19%
40	Ir y volver a dejar las máquinas, traer etiquetas salida	0,3267	0,1037	0,3250	290,5866	15	22%
41	Transporte Lavado-Mesa 2	1,6300	0,5495	1,5667	327,7408	13	25%
42	Traer hojas, Traer AMPO, Guardar AMPO	0,3517	0,1218	0,3417	346,0983	22	20%
43	Quitar cables de alimentación de P.Perdidas	0,3150	0,1041	0,3167	314,7526	13	25%
44	Transporte Cuarto de Pruebas Eléctricas a Área Salida	0,7150	0,1348	0,7000	102,5266	20	11%
45	Llenar observaciones (pintura, bajo aisl, aceite, dañado)	0,7317	0,1243	0,6917	83,2782	30	8%
46	Colocar Alicata de presión	0,3750	0,1069	0,3917	234,4945	12	22%
47	Transporte Lavado-Mesa 1	1,2233	0,3156	1,1667	191,8826	11	21%
48	Transporte Mesa 1 y 2 a cuarto seco	1,0183	0,2626	1,1167	191,8162	22	15%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 9 réplicas/ error 5% / t=2,306							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
49	Espera buscar hoja correspondiente (pintura, aceite)	0,4204	0,1949	0,3500	457,0490	9,0000	36%
50	Colocar Plástico	0,9685	0,3747	0,9167	318,3186	9,0000	30%
51	Transporte nuevos cpe a área de salida	0,6759	0,1652	0,6833	127,0964	9,0000	19%
52	Drenado aceite 10 kVA	1,5574	0,3247	1,5667	92,4518	9,0000	16%
53	Calentar terminales autoprottegido	1,7241	0,2814	1,6000	56,6567	9,0000	13%
54	Terminales de bornes ajustadas	0,6704	0,3274	0,7333	507,4243	9,0000	38%
55	Etiquetar (regresan de Pintura)	2,4222	0,2373	2,4833	20,4178	9,0000	8%
56	Llenar Observaciones PCB	0,3204	0,0217	0,3167	9,7544	9,0000	5%
Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 8 réplicas/ error 5% / t=2,365							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
57	Acomodar núcleo con Teclé	2,5771	0,4069	2,5250	55,7694	8,0000	13%
58	Ensamblar Tapa, bobinas primarias y Aro con núcleo	3,8771	1,1339	3,5167	191,3616	8,0000	24%
59	Preparar Kit de Prueba Colorimetría	0,3896	0,0636	0,3833	59,5921	8,0000	14%
60	Combinar mezcla con líquido de tubo tapa blanca	0,8354	0,0753	0,8583	18,1749	8,0000	8%
61	Pegar Resultado color a hoja de mantenimiento	0,3438	0,0623	0,3583	73,5374	8,0000	15%
62	Desarmar dañado	6,7229	1,0824	6,3917	57,9975	8,0000	13%
63	Marcar transfor. Dañado, Pintura, Cambio aceite	0,3375	0,0278	0,3333	15,1988	8,0000	7%
64	Transporte nuevos a mesa 1 y 2	0,6750	0,2327	0,5500	265,7838	8,0000	29%
Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 7 réplicas/ error 5% / t=2,447							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
65	Espera Lavado de área de lavado	5,1476	1,0259	5,5667	95,1379	7,0000	18%
66	Desarmar Bajo aislamiento o cambio aceite	10,1024	0,9257	9,8333	20,1119	7,0000	8%
67	Apuntar número y encabezado de pruebas	0,3143	0,0677	0,3333	110,9770	7,0000	20%
68	Obtener etiqueta salida	0,0952	0,0126	0,1000	41,9147	3,0000	19%
Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 6 réplicas/ error 5% / t=2,571							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
69	Preparación Máquina de Lavado	2,2639	0,5906	2,2417	179,9535	6,0000	27%
70	Espera mientras se guarda máquina lavado	2,5389	0,5597	2,6333	128,5085	6,0000	23%
71	Espera Lavado Aro de Tapa	2,0972	0,4923	2,0250	145,7040	6,0000	25%
72	Cambiar Empaques del recipiente (aisla.aceite)	12,0722	2,6565	12,4000	128,0267	6,0000	23%
73	Recipiente con empaques y accesorios marcado	0,2972	0,0464	0,3083	64,5704	6,0000	16%
74	Depositar vaso muestra en caja bodega	0,0722	0,0086	0,0667	37,5482	6,0000	13%
75	Drenado aceite 15 kVA	1,9556	0,3449	1,9917	82,2499	6,0000	19%
76	Tapa cerrada transformador dañado	1,0639	0,1356	1,0667	42,9347	6,0000	13%
77	Preparación máquina de relación	0,9889	0,2391	1,1083	154,6154	6,0000	25%
78	Revisión y cambio de empaques desde transform.	25,9167	3,6308	25,9583	51,8935	6,0000	15%
79	Preparación herramientas	1,1139	0,3052	1,1500	198,5170	6,0000	29%
80	Espera búsqueda de puentes mesa 2	0,4694	0,0356	0,4667	15,2192	6,0000	8%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 5 réplicas/ error 5% / t=2,776							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
81	Rotular Vaso PCB	0,3767	0,0652	0,3833	92,3365	5,0000	21%
82	Guardar máquina de Aislamiento	1,4833	0,4762	1,3500	317,7423	5,0000	40%
83	Llenado aceite 25 kVA	3,0067	0,7281	3,1000	180,7476	5,0000	30%
84	Espera traer/dejar máquina de extracción de aceite	0,3533	0,0711	0,3833	124,8241	5,0000	25%
85	Preparar máquina de extracción aceite	1,4100	0,3523	1,4333	192,4294	5,0000	31%
86	Colocar etiqueta número Transf.Nuevos	2,2000	0,6391	2,0167	260,1454	5,0000	36%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 4 réplicas/ error 5% / t=3,182							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
87	Extraer Muestra del transformador PCB	2,2042	0,2088	2,2000	36,3361	4,0000	15%
88	Llenado aceite 10 kVA	2,0083	0,5554	2,0000	309,6989	4,0000	44%
89	Tachar los resultados de los núcleo que fallan	0,0958	0,0160	0,0917	112,2887	4,0000	26%
90	Drenado aceite 25 kVA	2,7083	0,2455	2,7167	33,2823	4,0000	14%
91	espera anotar dato de prueba de aceite tanque	1,6125	0,1049	1,6000	17,1266	4,0000	10%
92	Limpiar y guardar boquilla de extracción de muestra	0,9833	0,0782	0,9750	25,5964	4,0000	13%
93	Tiempo Máquina Prueba de aceite	16,4042	1,4967	16,5000	33,7142	4,0000	15%
94	Ambientar envase de muestra	2,5250	0,7253	2,5000	334,1478	4,0000	46%
95	Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)	1,0500	0,2005	1,1417	147,6209	4,0000	30%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 3 réplicas/ error 5% / t=4,303							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
96	Transporte nuevos cuarto pruebas eléctricas mesa 1	0,4278	0,0631	0,4000	161,1428	3,0000	37%
97	ponerse guantes	0,5778	0,0192	0,5667	8,2171	3,0000	8%
98	Espera limpiar y guardar herramientas	2,2611	0,2341	2,2833	79,4066	3,0000	26%
99	Espera búsqueda de puentes mesa 1	0,3056	0,0096	0,3000	7,3451	3,0000	8%
100	Espera digitar Etiqueta frasco muestra PCB	1,2444	0,3137	1,4000	470,7184	3,0000	63%
101	Aplicar pintura spray	2,5444	0,6750	2,2500	521,2503	3,0000	66%
102	Llenado aceite 5 kVA	1,2111	0,3351	1,1167	567,1158	3,0000	69%
103	Transporte mesa 1 a horno	1,9778	0,5224	2,0667	516,6591	3,0000	66%
104	Guardar máquina de extracción de aceite	3,4611	0,2551	3,3667	40,2442	3,0000	18%

Sólo 2 réplicas	
No	Elemento
105	Espera anotar dato prueba aceite transformador
106	Colocar etiqueta vaso muestra pcb
107	Lavado por arena
108	Llenado aceite de 100 kVA
109	Transporte mesa 2 a horno
110	Transporte Mesa 2 a área de Almacenamiento 1
111	Guardar máquina de relación
112	Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento
113	Preparar máquina de etiquetas salida
114	Espera traer tarima vacía desde el horno a mesa 2
115	Espera traer tarima vacía desde el horno a mesa 1
116	Espera traer/dejar Teclé
117	Transporte cuarto seco a área de salida
118	Ir a oficina

no se presentó llenado de 15

no se presentó drenado de 5, 10, 37,5

Sólo 1 réplica	
No	Elemento
119	Espera por búsqueda de vaso de muestra pcb
120	Espera por colocación de EPP
121	Espera al llevar muestra PCB a cuarto seco
122	Espera Traer de bodega kit de Prueba Colorimetría
123	Depositara caja con kit de prueba en caja bodega
124	Cerrar cajas y llevarlas a bodega
125	Ingresar al sistema
126	Espera para preparar y guardar manguera lavado arena
127	Transporte Mesa 1 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2
128	Abrir Tanque aceite
129	Extracción aceite 100 kVA
130	Llenado aceite 37,5 Kva
131	Transporte mesa 1 a área de Almacenamiento 1
132	Transporte de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco
133	Escanear hoja
134	Obtener hoja escaneada en computadora
135	Enviar correo por garantía

Cuadro No. 39 Número recomendado de Ciclos de Observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Niebel y Freivalds (2009)

Apéndice 6. Determinación de media, desviación estándar, mediana, y prueba de normalidad

media
desviación estándar
mediana
Valor p
p con transformación

Transportada Área de Lavado a Mesa 2	Enjabonado	Transporte Mesa 1 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2	España Preparación Máquina de Lavado	Transformador Lavado	Transportada Área de Lavado a Mesa 1	España mientras se carga máquina lavado	España Lavado de área de lavado	Hierros retirados y desbrillados	Acondicionado para las pruebas	Transporte a cuarto de Pruebas Eléctricas desde mesa 1	Transportado cuatro pruebas eléctricas desde mesa 2	Transporte Mesa 1 a Área almacenamiento 1	Transporte Mesa 2 a área de Almacenamiento 1	Transporte Mesa 1 a Horno	Transporte de cuarto de prueba	Transporte de	
1,8500	0,4833	0,1833	2,0833	3,0958	1,0333	1,9667	3,0000	5,9167	0,2833	1,1000	1,2333	0,9933	1,0167	1,4167	0,8333	0,7167	1,2833
1,4667	0,2667		2,2667	1,7722	1,4833	1,8500	4,6667	5,0167	0,2167	0,8167	1,2333		1,1833	2,4500	1,2833		1,6167
1,6667	0,3000		2,2167	2,7333	0,9667	3,0000	5,8000	4,8333	0,1667	0,6500	0,8333		1,1000	2,0667	1,0583		1,4500
0,9500	0,8500		1,3000	2,5583	0,9000	3,1500	5,6000	4,7333	0,5500	0,9667	0,9167		0,11785113	1,9778	0,31819805		0,23570226
1,8167	0,7000		2,6667	3,0167	0,9000	2,3500	5,8667	4,8000	0,5833	1,2500	0,8167		1,1000	0,52236996	1,0583		1,4500
1,4500	0,5000		3,0500	1,2600	1,6000	2,9167	5,5667	3,7833	0,4000	0,8500	0,8000		0,227	2,0667	0,227		0,227
1,1833	0,4000		2,2639	1,5300	1,3000	2,5389	5,5333	3,0500	0,7500	0,5667	1,1833			0,531			
2,8500	0,4833		0,53915371	3,4917	1,7667	0,55972877	5,1476	3,4333	0,8000	0,5500	1,2167						
1,0833	0,4167		2,2417	2,7292	1,3167	2,6333	1,02593357	2,8500	0,7000	0,6333	0,9667						
1,9833	0,3833		0,607	1,5528	0,9667	0,3	5,5667	2,4667	0,7167	0,4833	1,4000						
2,3333	0,3833			1,5500	1,6000		0,009	2,7833	0,3167	0,6500	0,9667						
1,6000	0,5000			2,3375	1,2576			3,3500	0,4167	0,8167	1,0000						
1,6167	0,5500			2,0083	0,32018776			1,1000	0,4333	0,8500	1,1000						
1,6808	0,7500			2,2797	1,3000			2,6167	0,5667	0,9667	1,1833						
0,514774589	0,4028			0,71651514	0,153			1,6667	0,3000	0,7964	1,2167						
1,6167	0,5533			2,3375				3,4933	0,4667	0,22247429	0,9667						
0,556	0,6333			0,427				1,34546269	0,7000	0,8167	1,4000						
	0,5708							3,3500	0,5667	0,535	0,9667						
	0,5071							0,592	0,6000		1,4333						
	0,15355841								0,4000		1,1500						
	0,4917								0,7000		1,0992						
	0,515								0,7500		0,19552561						
									0,5174		1,1250						
									0,18873551		0,247						
									0,5583								
									0,322								

0,3500	0,3833	0,3000	0,2333	0,4500	0,7000	0,4167	0,1000	0,1667	0,5167	0,2167	0,9167	0,3500	4,0000
0,4667	0,4500	0,3833	0,3833	0,2167	0,7000	0,3333	0,0833	0,2000	0,5333	0,1833	0,8167	0,3333	3,1833
0,5000	0,4333	0,3000	0,4833	0,7333	0,7000	0,3750	0,1000	0,2167	0,4167	0,1833	0,8833	0,1833	3,9500
0,4667	0,4333	0,2200	0,3333	0,3167	0,8167	0,05892557	0,0833	0,1500	0,7167	0,5667	0,9500	0,2833	1,1000
0,5000	0,4667	0,2500	0,1833	0,4000	0,4833	0,3750	0,1000	0,2667	0,4833	0,3167	0,8333	0,2333	1,2833
0,3500	0,6833	0,2000	0,3667	1,0000	0,8500	0,227	0,0833	0,1500	0,5333	0,4833	0,7667	0,2667	1,4167
0,4833	0,6500	0,2167	0,4167	1,0833	0,9167		0,1167	0,2167	0,5833	0,6333	0,8167	0,1833	1,8167
0,6333	0,3667	0,1500	0,3333	0,9333	0,7833		0,0952	0,1833	0,5167	0,6667	0,8500	0,2167	1,6500
0,6333	0,3333	0,2500	0,4333	0,9000	0,6667		0,01259882	0,2000	0,5167	0,6833	0,8667	0,2333	1,7833
0,4000	0,3167	0,2167	0,3000	0,6417	0,5333		0,1000	0,3000	0,5333	0,6500	0,9167	0,2167	1,5333
0,3667	0,3167	0,2333	0,2167	0,32742448	0,4667		0,075	0,2500	0,5333	0,6333	1,4167	0,2000	1,6333
0,7833	0,3333	0,2333	0,4667	0,7333	0,7333			0,1000	0,7000	0,7167	0,7167	0,2333	1,8333
0,7000	0,3167	0,1833	0,2000	0,271	0,6833			0,2000	0,5486	0,9667	0,8500	0,1167	1,9000
0,6833	0,2667	0,1833	0,3346		0,4500			0,05550503	0,08422503	0,7000	1,2667	0,2000	2,6833
0,6000	0,2000	0,2000	0,10239302		1,0833			0,2000	0,5333	0,7333	0,7500	0,1667	2,1000
0,7333	0,2333	0,7500	0,3333		0,5333			0,94	0,007	0,6333	0,9333	0,3500	2,2000
0,5500	0,4000	0,8167	0,585		0,7667					0,9500	0,7500	0,2500	2,3167
0,6833	0,4167	0,2000			0,5000					0,4833	1,0167	0,2833	1,3500
0,9500	0,3833	0,1833			0,9000					0,4333	1,0500	0,1500	0,9333
0,7833	0,2500	0,2333			0,9000					0,1833	0,9500	0,1333	3,3333
1,1833	0,2667	0,2000			0,7083					0,3500	0,8167	0,2292	3,5333
0,4167	0,4000	0,2500			0,17501044					0,1833	0,5667	0,0672942	2,7167
0,6008	0,3667	0,2333			0,7000					0,1833	0,5667	0,2250	3,3833
0,20685842	0,4333	0,1833			0,448					0,2000	0,6833	0,712	2,3667
0,5750	0,2667	0,2167								0,2500	0,6667		3,5500
0,191	0,7500	0,2500								0,3333	0,5833		3,0667
	0,3833	0,2000								0,3000	0,6167		2,3314
	0,3833	0,3000								0,2500	0,8167		0,91678577
	0,4333	0,2500								0,2333	0,8440		2,1500
	0,2167	0,2500								0,7667	0,19203343		0,143
	0,2833	0,2667								0,4689	0,8250		
	0,3167	0,2833								0,24509492	0,088		
	0,2833	0,3500								0,4583			
	0,1833	0,3167								0,008			
	0,3500	0,1833											
	0,4500	0,2500											

+ + + + +
+ + + + +
+ + + + +
+ + + + +

Apéndice 7. Aplicación de Suplementos

Elemento	Tiempo Promedio (minutos)	Neces. Person.	Fatiga	Posición	Iluminación	Atención cercana	Tedio	Inicio-fin jornada	Total Suplementos %	Tiempo Estándar (minutos)
Transportado de Área de Lavado a Mesa 2	1,681	5	4					2	11	1,866
Enjabonado	0,507	5	4	2				2	13	0,573
Transportado Mesa 1 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2	0,183	5	4					2	11	0,204
Espera Preparación Máquina de Lavado	2,264	5	4	2				2	13	2,558
Transformador Lavado	2,280	5	4	2				2	13	2,576
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	1,258	5	4					2	11	1,396
Espera mientras se guarda máquina lavado	2,539	5	4					2	11	2,818
Espera Lavado de área de lavado	5,148	5	4	2				2	13	5,817
Herrajes retirados y clasificados	3,493	5	4	2	2			2	15	4,017
Acomodado para las pruebas	0,517	5	4	2	2			2	15	0,595
Transportado a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	0,796	5	4					2	11	0,884
Transportado cuarto Pruebas Eléctricas desde mesa 2	1,099	5	4					2	11	1,220
Transportado Mesa 1 a Área almacenamiento 1	0,933	5	4					2	11	1,036
Transportado Mesa 2 a Área de Almacenamiento 1	1,100	5	4					2	11	1,221
Transportado Mesa 1 a Horno	1,978	5	4					2	11	2,195
Transportado Mesa 2 a horno	1,058	5	4					2	11	1,175
Transportado de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	0,717	5	4					2	11	0,796
Transportado de cuarto seco a área de salida	1,450	5	4					2	11	1,610
Espera Llenar datos iniciales	1,847	5	4	2	2			2	15	2,124
Espera Traer/llevar (hojas en blanco, etiquetas de transformador, AMPO)	0,436	5	4		5			2	16	0,505
Espera traer/llevar las máquinas de rel, aísla, y maq etiquetas finales	0,318	5	4					2	11	0,353
Espera preparación máquina de prueba de relación	0,989	5	4	2	2			2	15	1,137
Preparado para prueba de Relación	0,384	5	4	2	2			2	15	0,441
Prueba de Relación de transformación ejecutada	0,193	5	4	2				2	13	0,218
Espera anotar resultados Prueba de Relación de Transf.	0,088	5	4	2	2			2	15	0,101
Espera guardar máquina de Prueba de Relación	1,567	5	4					2	11	1,739
Tiempo Máquina Prueba de aceite	16,404								0	16,404
Espera por búsqueda de puentes mesa 2	0,469	5	4		5			2	16	0,545
Espera por búsqueda de puentes mesa 1	0,306	5	4		5			2	16	0,354
Puente Colocado	0,585	5	4	2	2		2	2	17	0,685
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento	1,358	5	4	2	2			2	15	1,562
Terminales Autoprotegido Calentadas	1,724	5	4	2				2	13	1,948
Terminales Convencional Calentadas	2,514	5	4	2				2	13	2,841
Preparado para Prueba de Aislamiento	0,368	5	4	2	2			2	15	0,423
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento	0,121	5	4	2	2			2	15	0,139
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento	1,483	5	4					2	11	1,647
Preparado para Prueba de Cortocircuito	0,503	5	4	2	5			2	18	0,593
Prueba de Cortocircuito ejecutada	0,495	5	4	2	2	2		2	17	0,579
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito	0,301	5	4	2	2			2	15	0,346
Puente removido del transformador	0,676	5	4	2	5		2	2	20	0,811
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas	0,601	5	4	2	5			2	18	0,709
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada	0,367	5	4	2	2	2		2	17	0,430
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas	0,260	5	4	2	2			2	15	0,299
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos	0,335	5	4	2	5			2	18	0,395
Terminales de bornes ajustadas	0,642	5	4	2	5		2	2	20	0,770
Transportado de cuarto de Pruebas Eléctricas a área de salida	0,708	5	4					2	11	0,786
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida	0,375	5	4	2				2	13	0,424
Espera impresión de etiqueta	0,095								0	0,095
Etiqueta de salida pegada	0,200	5	4	2				2	13	0,226
Espera Llenar Cálculos de la hoja	0,549	5	4	2		2		2	15	0,631
Espera Llenar Observaciones cambio aceite, pintura, dañado, nuevo, bajo Ais.	0,469	5	4	2				2	13	0,530
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega	0,844	5	4	2				2	13	0,954
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO	0,229	5	4	2				2	13	0,259
Tapa del Transformador abierta	2,331	5	4	2			2	2	15	2,681
Espera traer/dejar máquina de extracción de aceite	0,353	5	4					2	11	0,392
Espera preparar máquina de extracción aceite	1,410	5	4	2				2	13	1,593
Aceite drenado 10 kVA	1,557								0	1,557
Desarmado de partes transformador dañado	6,723	5	4	2	2		2	2	17	7,866
Núcleo extraído	1,809	5	4	2	2			2	15	2,080
Espera guardar máquina de extracción de aceite	3,461	5	4	2				2	13	3,911
Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 2	0,592	5	4					2	11	0,657
Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 1	1,025	5	4					2	11	1,138
Espera Traer/dejar Teclé	0,567	5	4					2	11	0,629
Marcado con "Dañado" "Cambio aceite" "Pintura"	0,338	5	4	2				2	13	0,381
Plástico colocado	0,969	5	4	2				2	13	1,094
Espera preparación de herramientas	1,114	5	4	2				2	13	1,259
Tapa cerrada Transformador dañado	1,064	5	4	2			2	2	15	1,223
Envase de muestra ambientado	2,525	5	4	2				2	13	2,853
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)	1,050	5	4	2		2		2	15	1,208
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada	0,983	5	4	2				2	13	1,111

Empaques cambiados desde el transformador	25,917	5	4	2		2	2	2	17	30,323
Aro de Tapa lavado	2,097	5	4	2				2	13	2,370
Alicate de presión colocado	0,374	5	4	2	2			2	15	0,430
Espera anotar resultados prueba de Aceite transformador	0,600	5	4	2				2	13	0,678
Espera anotar dato prueba aceite tanque	1,613	5	4	2				2	13	1,822
Espera buscar hoja correspondiente por pintura, cambio aceite.	0,420	5	4	2	2			2	15	0,483
Espera anotar número a buscar en etiquetas	0,187	5	4	2				2	13	0,211
Espera buscar etiquetas	0,405	5	4	2	5			2	18	0,478
Etiquetado después de pintura	2,422	5	4	2	2	2		2	17	2,834
Cambiador de TAPS etiquetado	0,223	5	4	2		2		2	15	0,257
Número y encabezado Pruebas Aísla. Núcleo anotados	0,314	5	4	2				2	13	0,355
Resultados tachados de núcleo que falla	0,096	5	4	2				2	13	0,108
Colocado de etiqueta número Transf. Nuevo	2,200	5	4	2	2			2	15	2,530
Espera Operario va a Oficina	0,408	5	4					2	11	0,453
Hoja Escaneada	0,483								0	0,483
Hoja escaneada ubicada en computadora	0,783	5	4					2	11	0,870
Correo por garantía enviado	1,167	5	4					2	11	1,295
Recipiente con empaques y accesorios marcado	0,297	5	4	2				2	13	0,336
Desarmado para bajo aislamiento o cambio de aceite	10,102	5	4	2	2	2	2	2	19	12,022
Núcleo limpiado y marcado con número transformador	0,568	5	4	2	2			2	15	0,654
Restos de aceite vaciados y cuba limpia	1,592	5	4	2				2	13	1,799
Lavado por arena	4,275	5	4	2				2	13	4,831
Pintura en spray aplicada	2,544	5	4	2				2	13	2,875
Espera para preparar/guardar manguera lavado arena	1,517	5	4	2				2	13	1,714
Núcleo acomodado dentro del transformador	2,577	5	4	2	2			2	15	2,964
Empaques desde recipiente cambiados	12,072	5	4	2	2		2	2	17	14,125
Tapa, bobinas primarias y Aro ensamblados con núcleo	3,877	5	4	2	2	2	2	2	19	4,614
Espera limpiar y guardar herramientas	2,283	5	4	2				2	13	2,580
Tanque con aceite nuevo abierto	0,267	5	4	2				2	13	0,301
Llenado con aceite 10 kVA	2,008								0	2,008
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite	2,710	5	4	2		2	2	2	17	3,171
Espera por búsqueda de frasco de muestra	0,433	5	4		5			2	16	0,503
Frasco rotulado marcador	0,377	5	4	2				2	13	0,426
Espera por colocación de EPP	2,367	5	4	2				2	13	2,674
Muestra aceite PCB del transformador extraída	2,204	5	4	2				2	13	2,491
Espera digitar Etiqueta frasco muestra PCB	1,244	5	4	2	2			2	15	1,431
Frasco muestra PCB etiquetado	0,375	5	4	2				2	13	0,424
Espera al llevar muestra PCB a cuarto seco	0,133	5	4					2	11	0,148
Espera Traer de bodega kit de Prueba Colorimetría	0,333	5	4		5			2	16	0,387
Kit de Prueba Colorimetría preparado	0,390	5	4	2				2	13	0,440
Muestra de frasco tomada	0,843	5	4	2		2		2	15	0,970
Quiebre primera y segunda ampolla realizados	1,055	5	4	2			2	2	15	1,213
Sustancias de ambos tubos combinadas	0,835	5	4	2			2	2	15	0,961
Cloros pasados a tubo de tapa blanca y comparar	0,861	5	4	2		2	2	2	17	1,008
Espera anotar resultados en ficha de colores	0,394	5	4	2				2	13	0,446
Ampolla Inhibidora depositada	0,676	5	4	2				2	13	0,764
Ficha de colores pegada en hoja de mantenimiento	0,344	5	4	2				2	13	0,388
Espera llenar hojas con Observaciones PCB	0,320	5	4	2				2	13	0,362
Frasco de muestra guardado en caja	0,075	5	4	2				2	13	0,085
kit de prueba guardado en caja	0,133	5	4	2				2	13	0,151
Cajas cerradas y llevadas a bodega	0,633	5	4					2	11	0,703
Sistema en la computadora abierto	0,517	5	4					2	11	0,574
Espera ingresar datos en hoja del sistema	2,317	5	4			2		2	13	2,618
Transportado Mesa 1 o 2 a cuarto seco	0,932	5	4					2	11	1,034
Transportado nuevos área salida a mesa 1 o 2	0,675	5	4					2	11	0,749
Transportado nuevos mesa 1 a cuarto pruebas eléctricas	0,428	5	4					2	11	0,475
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas a área de salida	0,676	5	4					2	11	0,750
Espera colocación de guantes	0,578	5	4	2				2	13	0,653
Aceite drenado 15 kVA	1,956								0	1,956
Aceite drenado 25 kVA	2,708								0	2,708
Aceite drenado 100 kVA	2,417								0	2,417
Llenado con aceite 25 kVA	3,007								0	3,007
Llenado con aceite 100 kVA	6,158								0	6,158
Llenado con aceite 37,5 kVA	2,583								0	2,583
Llenado con aceite 5 kVA	1,211								0	1,211

Punto de Medición	Hora				Unidades	Promedio	lux a fc	holgura
	08:45:00 a.m.		02:25:00 p.m.					
Bodega Suministros	10,2	11,3	43,7	42,6	lx	27,0	2,5	5
Cuarto seco	800	900	1200	1100	lx	1000,0	92,9	0
Horno	86,6	88,4	141,8	142,2	lx	114,8	10,7	5
Área de Salida/Lavado	1600	1200	1600	1400	lx	1450,0	134,7	0
Área trabajo Mesa 1	227,7	225,4	325,7	323,2	lx	275,5	25,6	2
Área trabajo Mesa 2	324,5	321,1	343,5	241,1	lx	307,6	28,6	2
Cuarto Pruebas Eléctricas	21,8	20,6	53,5	54,3	lx	37,6	3,5	5
Fecha: 23/09/16								
Luxómetro activo TEC 60118/PIL2-01								

Suplementos (Holguras)	
Tipo	% de holgura
A. Holgura Constante	
<i>necesidades personales</i>	5
<i>Fatiga básica</i>	4
B. Holgura Variable	
<i>Posición:</i>	
Posición Incómoda (flexionado)	2
Posición de pie	2
<i>Iluminación:</i>	
Un poco bajo de lo recomendado	0
Bastante debajo de lo recomendado	2
Muy inadecuada	5
<i>Atención cercana:</i>	
Trabajo fino o exacto	2
<i>Tedio</i>	
Algo tedioso	0
Tedioso	2
Muy Tedioso	5
<i>Inicio y fin de jornada= 100x((Tpo Concedido)/DuraciónJornada-TpoConcedido)*</i>	2

*TpoConcedido=10minutos

Apéndice 8. Cursogramas

Cursograma de Transformador pasa todas las pruebas

Cursograma Analítico de Procesos			Material					
Diagrama No. 1		Hoja 1 de 2		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Método: Actual			Operación	26				
			Demora	30				
			Transporte	4				
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	1				
			Almacenaje	1				
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	43,8				
			Tiempo (minutos)	102,075				
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Mesa 1			Costo Mano de Obra (colones)	1959,84				
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones	
			○	□	⇒	○	▽	
Enjabonado		0,573	●					
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	●					
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	●					
Transformador Lavado		2,576	●					
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	●					Tiempo Tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817	●					
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	●					
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	●					
Herrajes retirados y clasificados		4,017	●					
Espera traer teclé		0,629	●					
Acomodado para las pruebas		0,595	●					
Espera dejar teclé		0,629	●					
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	●					
Espera Llenar datos iniciales		2,124	●					
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	●					
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	●					
Preparado para prueba de Relación		0,441	●					
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	●					5 posiciones
Espera anotar resultados Prueba de Relación Transf.		0,505	●					5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	●					
Espera Llevar máquina de relación a cuarto seco		0,353	●					
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	●					
Puentes Colocados		1,370	●					2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	●					
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	●					
Terminales Convencional Calentadas		2,841	●					
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	●					3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	●					3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	●					3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	●					
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	●					
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	●					Tiempo Tarima
Puente removido del transformador		0,811	●					Convencional
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	●					
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	●					
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	●					
Puente removido del transformador		0,811	●					
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	●					
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	●					
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	●					
Cables de alimentación de Pruebas Pérdidas removidos		0,395	●					
Transporte de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	13,3	0,796	●					Tiempo Tarima
Espera preparación de herramientas		1,259	●					
Tapa del Transformador abierta		2,681	●					
Envase de muestra ambientado		2,853	●					
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)		1,208	●					
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada		1,111	●					
Empaques cambiados desde el transformador		30,323	●					
Aro de Tapa lavado		2,370	●					
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite		3,171	●					
Espera anotar resultados prueba de Aceite transformador		0,678	●					
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	●					se está dentro de cuarto seco
Espera impresión de etiqueta		0,095	●					
Etiqueta de salida pegada		0,226	●					
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631	●					
Espera Llenar Observaciones		0,530	●					
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	●					

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 1		Hoja 2 de 2		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	26			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	30			
Colaborador: Mesa 1				Transporte	4			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Mesa 1				Oper-Inspec	1			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	43,8			
				Tiempo (minutos)	102,075			
				Costo Mano de Obra (colones)	1959,84			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	D	⇨		⊗
Espera traer AMPO de bodega de Suministros								
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO					0,259			
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros					0,505			
Transporte de cuarto seco a área de salida				14,7	1,610			Tiempo Tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega								
Total				43,8	102,075	26	30	4 1 1

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 1		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	26			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	30			
Colaborador: Mesa 2				Transporte	4			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Mesa 2				Oper-Inspec	1			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	49,3			
				Tiempo (minutos)	103,071			
				Costo Mano de Obra (colones)	1978,96			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	D	⇨		⊗
Transportado Área de Lavado a Mesa 2				11	1,866			Tiempo Tarima
Espera por búsqueda puentes desde mesa 2					0,545			
Transportado cuarto de Pruebas Eléctricas desde mesa 2				10,3	1,220			Tiempo Tarima
Total				49,3	103,071	26	30	4 1 1

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 1		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	25			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	30			
Colaborador: Mesa 1				Transporte	4			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Mesa 1				Oper-Inspec	1			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	43,8			
				Tiempo (minutos)	98,124			
				Costo Mano de Obra (colones)	1883,98			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	D	⇨		⊗
Puente Colocado					0,685			1 puente
Preparado para Prueba de Aislamiento					0,847			2 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada					2,000			2 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento					0,278			2 resultados
Terminales Autoprotegido Calentadas					1,948			
Total				43,8	98,124	25	30	4 1 1
								menos 1 operación quitar puente

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 1		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Pasa todo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	25			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	30			
Colaborador: Mesa 2				Transporte	4			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Mesa 2				Oper-Inspección	1			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	49,3			
				Tiempo (minutos)	99,120			
				Costo Mano de Obra (colones)	1903,10			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo					Observaciones
Puente Colocado		0,685	○	□	⇒	⊗	▽	1 puente
Preparado para Prueba de Aislamiento		0,847						2 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		2,000						2 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,278						2 resultados
Terminales Autoprotegido Calentadas		1,948						
Total	49,3	99,120	25	30	4	1	1	menos 1 operación quitar puente

Transformador Desecho por año de fabricación

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 2		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados_DesechoAño				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	10			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	17			
Colaborador: Mesa 1				Transporte	2			
Descripción: Potencia 10kVA				Oper-Inspección	0			
				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)	20			
				Tiempo (minutos)	51,544			
				Costo Mano de Obra (colones)	989,64			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo					Observaciones
Enjabonado		0,573	○	□	⇒	⊗	▽	
Espera traer Máquina de Lavado		0,505						
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558						
Transformador Lavado		2,576						
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396						Tiempo Tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817						
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818						
Espera ir a dejar máquina de lavado		0,505						
Herrajes retirados y clasificados		4,017						
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505						
Espera Llenar datos iniciales		2,124						
Almacenaje en mesa de trabajo								Hasta terminar otros mantenim.
Espera preparación de herramientas		1,259						
Tapa del Transformador abierta		2,681						
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392						
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593						
Aceite drenado 10 kVA		1,557						
Espera guardar máquina de extracción de aceite		3,911						
Espera colocación de guantes		0,653						
Desarmado de partes transformador dañado		7,866						
Tapa cerrada Transformador dañado		1,223						
Plástico colocado		1,094						
Marcado "Desecho"		0,381						
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580						
Espera Llenar Observaciones dañado		0,530						
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954						
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505						
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259						
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505						
Transporte Mesa 1 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2	9	0,204						
Almacenado hasta que se lleve a bodega								
Total	20	51,544	10	17	2	0	1	

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 2		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados_DesechoAño				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	10			
				Demora	17			
				Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0			
				Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	20			
				Tiempo (minutos)	52,013			
Descripción: Potencia 10kVA				Costo Mano de Obra (colones)	998,66			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	□	⇨		⊗
Transportado Área de Lavado Mesa 2								
Total				10	17	2	0	1

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 2		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados_DesechoAño				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	10			
				Demora	17			
				Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0			
				Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	20			
				Tiempo (minutos)	52,412			
Descripción: Potencia 15 kVA				Costo Mano de Obra (colones)	1006,30			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	□	⇨		⊗
Aceite drenado 15 kVA								
Total				10	17	2	0	1

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 2		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados_DesechoAño				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	10			
				Demora	17			
				Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0			
				Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	20			
				Tiempo (minutos)	53,164			
Descripción: Potencia 25 kVA				Costo Mano de Obra (colones)	1020,76			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	□	⇨		⊗
Aceite drenado 25 kVA								
Total				10	17	2	0	1

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 2		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados_DesechoAño				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	10			
				Demora	17			
				Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0			
				Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	20			
				Tiempo (minutos)	52,873			
Descripción: Potencia 100 kVA				Costo Mano de Obra (colones)	1015,16			
				Símbolo			Observaciones	
Elemento				○	□	⇨		⊗
Aceite drenado 100 kVA								
Total				10	17	2	0	1

Transformadores Sospechoso de PCB positivo

Cursograma Analítico de Procesos				Material				
Diagrama No. 3		Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Positivo				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual				Operación	18			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Demora	25			
				Transporte	2			
Colaborador: Mesa 1				Oper-Inspección	0			
Descripción: Convencional y Autoprotegido				Almacenaje	1			
				Distancia (metros)		22		
		Tiempo (minutos)		50,309				
		Costo Mano de Obra (colones)		965,94				
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo					Observaciones
Enjabonado		0,573	○	□	⇒	○	▽	
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	●					
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	●					
Transformador Lavado		2,576	●					
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	●					Tiempo Tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817	●					
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	●					
Espera ir a dejar máquina de lavado		0,505	●					
Herrajes retirados y clasificados		4,017	●					
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	●					
Espera Llenar datos iniciales		2,124	●					
Espera por búsqueda de frasco de muestra		0,503	●					
Frasco rotulado marcador		0,426	●					
Espera por colocación de EPP		2,674	●					
Muestra aceite PCB del transformador extraída		2,491	●					
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353	●					
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	●					
Espera digitar Etiqueta frasco muestra PCB		1,431	●					Lleva datos del tranf. Al que pertenece
Espera impresión de etiqueta		0,095	●					
Frasco muestra PCB etiquetado		0,424	●					
Espera llevar máquina de etiquetas a cuarto seco		0,353	●					
Espera al llevar muestra PCB a cuarto seco		0,148	●					
Espera Traer de bodega kit de Prueba Colorimetría		0,387	●					
Kit de Prueba Colorimetría preparado		0,440	●					
Muestra de frasco tomada		0,970	●					
Quiebre primera y segunda ampolla realizados		1,213	●					
Sustancias de ambos tubos combinadas		0,961	●					
Espera 2 min para la separación de los cloros		2,000	●					
Cloros pasados a tubo de tapa blanca y comparar		1,008	●					
Espera anotar resultados en ficha de colores		0,446	●					
Ampolla Inhibidora depositada		0,764	●					
Ficha de colores pegada en hoja de mantenimiento		0,388	●					
Espera Llenar hojas con Observaciones PCB		0,362	●					
Frasco de muestra guardado en caja		0,085	●					
kit de prueba guardado en caja		0,151	●					
Cajas cerradas y llevadas a bodega		0,703	●					
Espera Operario va a Oficina		0,453	●					
Sistema en la computadora abierto		0,574	●					
Espera ingresar datos en hoja del sistema		2,618	●					
Espera Operario vuelve a mesa desde oficina		0,453	●					
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	●					
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	●					
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	●					
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●					
Transportado Mesa 1 a Área de Lavado	11	1,396	●					Tiempo Tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega			●					
Total	22	50,309	18	25	2	0	1	

Transformadores Sospechoso PCB negativo

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 4	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Negativo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	23			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Demora	32			
Colaborador: Mesa 1			Transporte	2			
Descripción: Potencia 10kVA			Oper-Inspección	0			
			Almacenaje	2			
			Distancia (metros)	20			
			Tiempo (minutos)	74,457			
			Costo Mano de Obra (colones)	1429,58			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones
Enjabonado		0,573	○				
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○				
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○				
Transformador Lavado		2,576	○				
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	□				Tiempo Tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○				
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○				
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	○				
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○				
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○				
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○				
Espera por búsqueda de frasco de muestra		0,503	○				
Frasco rotulado marcador		0,426	○				
Espera por colocación de EPP		2,674	○				
Muestra aceite PCB del transformador extraída		2,491	○				
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353	○				
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	○				
Espera digitar Etiqueta frasco muestra PCB		1,431	○				Lleva datos del tranf. Al que pertenece
Espera impresión de etiqueta		0,095	○				
Frasco muestra PCB etiquetado		0,424	○				
Espera llevar máquina de etiquetas a cuarto seco		0,353	○				
Espera al llevar muestra PCB a cuarto seco		0,148	○				
Espera Traer de bodega kit de Prueba Colorimetría		0,387	○				
Kit de Prueba Colorimetría preparado		0,440	○				
Muestra de frasco tomada		0,970	○				
Quiebre primera y segunda ampolla realizados		1,213	○				
Sustancias de ambos tubos combinadas		0,961	○				
Espera 2 min para la separación de los cloros		2,000	○				
Cloros pasados a tubo de tapa blanca y comparar		1,008	○				
Espera anotar resultados en ficha de colores		0,446	○				
Ampolla Inhibidora depositada		0,764	○				
Ficha de colores pegada en hoja de mantenimiento		0,388	○				
Espera llenar hojas con Observaciones PCB		0,362	○				
Frasco de muestra guardado en caja		0,085	○				
kit de prueba guardado en caja		0,151	○				
Cajas cerradas y llevadas a bodega		0,703	○				
Espera Operario va a Oficina		0,453	○				
Sistema en la computadora abierto		0,574	○				
Espera ingresar datos en hoja del sistema		2,618	○				
Espera Operario vuelve a mesa desde oficina		0,453	○				
Almacenaje en mesa de trabajo			○				
Espera preparación de herramientas		1,259	○				
Tapa del Transformador abierta		2,681	○				
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392	○				
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	○				
Aceite drenado 10 kVA		1,557	○				
Espera guardar máquina de extracción de aceite		3,911	○				
Espera colocación de guantes		0,653	○				
Desarmado de partes transformador dañado		7,866	○				
Tapa cerrada Transformador dañado		1,223	○				
Plástico colocado		1,094	○				
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580	○				
Espera Llenar Observaciones dañado		0,530	○				
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	○				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	○				
Transporte Mesa 1 a área de almacenamiento 2	9	0,204	□				
Almacenado hasta que se lleve a bodega			○				
Total	20	74,457	23	32	2	0	2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 4	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Negativo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	23		
			Demora	32		
			Transporte	2		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	0		
			Almacenaje	2		
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	20		
			Tiempo (minutos)	74,927		
Descripción: Potencia 10kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1438,60		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Transportado Área de lavado a Mesa 2	11	1,866	○	□	⇨	○
			▽			
Total	20	74,927	23	32	2	0 2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 4	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Negativo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	23		
			Demora	32		
			Transporte	2		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	0		
			Almacenaje	2		
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	20		
			Tiempo (minutos)	75,325		
Descripción: Potencia 15kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1446,25		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Transportado Área de lavado a Mesa 2	11	1,866	○	□	⇨	○
			▽			
Total	20	75,325	23	32	2	0 2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 4	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Negativo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	23		
			Demora	32		
			Transporte	2		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	0		
			Almacenaje	2		
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	20		
			Tiempo (minutos)	76,078		
Descripción: Potencia 25kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1460,70		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Transportado Área de lavado a Mesa 2	11	1,866	○	□	⇨	○
			▽			
Total	20	76,078	23	32	2	0 2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 4	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Sospechoso de PCB_Negativo			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	23		
			Demora	32		
			Transporte	2		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	0		
			Almacenaje	2		
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	20		
			Tiempo (minutos)	75,786		
Descripción: Potencia 100kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1455,10		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Transportado Área de lavado a Mesa 2	11	1,866	○	□	⇨	○
			▽			
Total	20	75,786	23	32	2	0 2

Transformador Dañado

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 5		Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Dañados			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	12			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Demora	22			
Colaborador: Mesa 1			Transporte	2			
Descripción: Se toma fallo en la Prueba de Relación, tipo de mantenimiento para transformador con daños. Tiempo drenado de aceite varía según potencia. Potencia 10kVA			Oper-Inspeccion	1			
			Almacenaje	1			
			Distancia (metros)	20			
			Tiempo (minutos)	58,156			
			Costo Mano de Obra (colones)	1116,59			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Enjabonado		0,573	○				
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○				
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○				
Transformador Lavado		2,576	○				
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	○			Tiempo Tarima	
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○				
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○				
Espera ir a dejar máquina de lavado		0,505	○				
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○				
Espera traer tecele		0,629	○				
Acomodado para las pruebas		0,595	○				
Espera dejar tecele		0,629	○			Igual a traer Tecele	
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○				
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○				
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	○				
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	○				
Preparado para prueba de Relación		0,441	○				
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	○			5 posiciones	
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	○				
Almacenaje en mesa de trabajo			○			Hasta completar otros mantenimientos	
Espera preparación de herramientas		1,259	○				
Tapa del Transformador abierta		2,681	○				
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392	○				
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	○				
Aceite drenado 10kVA		1,557	○				
Espera guardar máquina de extracción de aceite		3,911	○				
Espera colocación de guantes		0,653	○				
Desarmado de partes transformador dañado		7,866	○				
Tapa cerrada Transformador dañado		1,223	○				
Plástico colocado		1,094	○				
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580	○				
Espera Llenar Observaciones dañado		0,530	○				
Marcado con "Dañado"		0,381	○				
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	○				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	○				
Diagrama No. 5		0,204	○				
Diagrama No. 5 y Mesa 2 a área de almacenamiento 2			Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Dañados			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Total			Operación	2	1		
Método: Actual			Demora	22			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Transporte	2			
Colaborador: Mesa 2			Oper-Inspeccion	2			
Descripción: Se toma fallo en la Prueba de Relación, tipo de mantenimiento para transformador con daños. Tiempo drenado de aceite varía según potencia. Potencia 10kVA			Almacenaje	1			
			Distancia (metros)	1			
			Tiempo (minutos)	58,625			
			Costo Mano de Obra (colones)	1125,61			
			Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo	
Transportado Área Lavado a Mesa 2	11	1,866	○			Tiempo Tarima	
Total			12	22	2	1	1

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 5	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Dañados			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	12			
			Demora	22			
			Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	1			
			Tiempo (minutos)	59,024			
Descripción: Se toma fallo en la Prueba de Relación, tipo de mantenimiento para transformador con daños. Tiempo drenado de aceite varía según potencia. Potencia 15kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1133,25			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 15 kVA		1,956					
Total	20	59,024	12	22	2	1	1

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 5	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Dañados			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	12			
			Demora	22			
			Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	1			
			Tiempo (minutos)	59,776			
Descripción: Se toma fallo en la Prueba de Relación, tipo de mantenimiento para transformador con daños. Tiempo drenado de aceite varía según potencia. Potencia 25 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1147,70			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 25 kVA		2,708					
Total	20	59,776	12	22	2	1	1

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 5	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Dañados			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	12			
			Demora	22			
			Transporte	2			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	1			
Colaborador: Mesa 2			Distancia (metros)	1			
			Tiempo (minutos)	59,485			
Descripción: Se toma fallo en la Prueba de Relación, tipo de mantenimiento para transformador con daños. Tiempo drenado de aceite varía según potencia. Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	1142,10			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 100 kVA		2,417					
Total	20	59,485	12	22	2	1	1

Transformador con Bajo Aislamiento

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 3		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	218,875			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4202,40			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones
Enjabonado		0,573	○				
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○				
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○				
Transformador Lavado		2,576	○				
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	○	□		Tiempo Tarima	
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○				
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○				
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	○				
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○				
Espera traer teclé		0,629	○				
Acomodado para las pruebas		0,595	○				
Espera dejar teclé		0,629	○				
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○				
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○				
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	○				
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	○				
Preparado para prueba de Relación		0,441	○				
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	○			5 posiciones	
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,505	○			5 resultados	
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	○				
Espera ir a dejar máquina de Prueba de Relación		0,353	○				
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	○				
Puentes Colocados		1,370	○			2 puentes	
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	○				
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	○				
Terminales Convencional Calentadas		2,841	○				
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	○			3 preparaciones	
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	○			3 ubicaciones	
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	○			3 resultados	
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	○				
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	○				
Marcado con Bajo Aislamiento		0,381	○				
Espera llenar observaciones bajo aislamiento		0,530	○				
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	○	□		Tiempo tarima	
Puente removido del transformador		0,811	○			Convencional	
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	○				
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	○				
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	○				
Puente removido del transformador		0,811	○				
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	○				
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	○				
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	○				
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	○				
Terminales de bornes ajustadas		0,770	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	○				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	○				
Transportado cuarto Pruebas Eléctricas a cuarto seco	13,3	0,796	○	□		Tiempo tarima	
Transportado de cuarto seco a área de salida	14,7	1,610	○	□		Se tomará para área de almacen.1	
Almacenamiento hasta completar la cantidad			○	□		15 a 20 transf. Para entrar en horno	
Transportado de Área de almacenamiento 1 a mesa 1	11,57	1,036	○	□		Tiempo tarima	
Espera preparación de herramientas		1,259	○				
Tapa del Transformador abierta		2,681	○				
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392	○				
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	○				
Acetle drenado 10 kVA		1,557	○				
Espera guardar máquina de extracción de acetle		3,911	○				
Espera colocación de guantes		0,653	○				
Recipiente con empaques y accesorios marcado		0,336	○				
Desarmado para bajo aislamiento o cambio de aceite		12,022	○				
Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 1		1,138	○				
Espera traer teclé		0,629	○				
Núcleo extraído		2,080	○				
Espera dejar teclé		0,629	○				
Núcleo limpiado y marcado con número transformador		0,654	○				
Transportado Mesa 1 a Horno	11,3	2,195	○	□		Tiempo tarima	
Restos de aceite vaciados y cuba limpia		1,799	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Espera buscar hoja correspondiente por bajo aislamiento		0,483	○				

Cursograma Analítico de Procesos		Material				
Diagrama No. 6	Hoja 2 de 3	Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento		Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual		Operación	57			
Lugar: Taller Eléctrico COPELESCA R.L		Demora	78			
Colaborador: Mesa 1		Transporte	15			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA		Oper-Inspección	2			
		Almacenaje	5			
		Distancia (metros)	157,34			
		Tiempo (minutos)	218,875			
		Costo Mano de Obra (colones)	4202,40			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Espera llenar Observaciones horno		0,530	●			
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●			
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580	●			
Transportado Mesa 1 a Área almacenamiento 1	11,57	1,036	●	→		Tiempo tarima
Espera 48 horas núcleo en el horno			●			
Transportado Horno a Mesa 1	11,3	2,195	●	→		Tiempo tarima
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	●			
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	●			
Alicate de presión colocado		0,430	●			
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	●			3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	●			3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	●			3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	●			
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	●			
Transportado Mesa 1 a Horno	11,3	2,195	●	→		Tiempo tarima
Cuba Almacenada hasta enviar a Pintura			●			Hasta completar cantidad para pintura
Espera hasta que regrese de Pintura			●			Aproximadamente una semana
Espera traer máquina Lavado		0,505	●			
Espera para preparar manguera lavado arena		1,714	●			
Lavado por arena		4,831	●			
Pintura en spray aplicada		2,875	●			
Espera para guardar manguera lavado arena		1,714	●			
Espera ir a dejar máquina Lavado		0,505	●			
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	●	→		Tiempo tarima
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	●			
Espera buscar hoja correspondiente por pintura		0,483	●			
Espera ir a dejar AMPO a bodega de suministros		0,505	●			
Transportado Horno a Mesa 1	11,3	2,195	●	→		Tiempo tarima
Espera traer teclé		0,629	●			
Núcleo acomodado dentro del transformador		2,964	●			
Espera dejar teclé		0,629	●			
Espera colocación de guantes		0,653	●			
Espera preparación de herramientas		1,259	●			
Empaques desde recipiente cambiados		14,125	●			
Tapa, bobinas primarias y Aro ensamblados con núcleo		4,614	●			dentro de máquina tiempo
Transportado Mesa 1 a cuarto seco	9	1,034	●	→		Tiempo tarima
Tanque con aceite nuevo abierto		0,301	●			mismo tanque para 5 transformadores
Envase de muestra ambientado		2,853	●			
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)		1,208	●			
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada		1,111	●			
Tiempo Máquina Prueba de aceite		16,404	●			
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	●			
Llenado de aceite 10 kVA		2,008	●			
Espera guardar máquina de extracción aceite		3,911	●			
Espera anotar dato prueba aceite tanque		1,822	●			
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite		3,171	●			
Transportado cuarto seco a Mesa 1	9	1,034	●	→		Tiempo tarima
Espera Limpiar y guardar herramientas		2,580	●			
Espera de 24 horas para reposo del aceite			●			
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	●			
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	●			
Preparado para prueba de Relación		0,441	●			
Prueba de Relación de transformación ejecutada		0,218	●			1 ubicación
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,101	●			1 resultado
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	●			
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	●			
Puentes Colocados		1,370	●			2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	●			
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	●			
Terminales Convencional Calentadas		2,841	●			
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	●			3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	●			3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	●			3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	●			
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	●			
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	●	→		Tiempo Tarima
Puente removido del transformador		0,811	●			
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	●			
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	●			
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	●			

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 3 de 3		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	218,875			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4202,40			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Puente removido del transformador		0,811	●				
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	●				
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	●				
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	●				
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	●				
Terminales de bornes ajustadas		0,770	●				
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353	●				
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	●				
Espera impresión de etiqueta		0,095	●				
Etiqueta de salida pegada		0,226	●				
Espera Llevar máquina de etiqueta de salida a cuarto seco		0,353	●				
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631	●				
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	●				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	●				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	●				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●				
Transportado de cuarto de Pruebas Eléctricas a área de salida	11,4	0,786					Tiempo Tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega							
Total	157,34	218,875	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	219,221			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 15kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4209,03			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 15kVA		1,956					
Llenado con aceite 15 kVA		1,956					
Total	157,34	219,221	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	221,024			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 25kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4243,67			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 25kVA		2,70833333					
Llenado con aceite 25 kVA		3,00666667					
Total	157,34	221,024	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	223,884			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4298,58			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨	⊗	▽
Aceite drenado 100 kVA		2,41666667					
Llenado con aceite 100 kVA		6,15833333					
Total	157,34	223,884	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	220,476			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4233,14			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨	⊗	▽
drenado y llenado de 37,5 kVA		5,16666667					
Total	157,34	220,476	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	217,732			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4180,45			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨	⊗	▽
drenado y llenado de 5 kVA		2,42222222					
Total	157,34	217,732	57	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	55			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	209,411			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4020,69			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨	⊗	▽
Suma tiempos diferentes para un atoprotegido		13,016					
Total	157,34	209,411	55	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	55			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	214,420			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4116,87			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 100 kVA		8,575					
Total	157,34	214,420	55	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	55			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	211,560			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 25 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4061,96			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 25 kVA		5,715					
Total	157,34	211,560	55	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	55			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	208,268			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3998,74			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 5 kVA		2,422					
Total	157,34	208,268	55	78	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 6	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Bajo Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	55			
			Demora	78			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	211,012			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4051,43			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 37,5 kVA		5,167					
Total	157,34	211,012	55	78	15	2	5

Transformador Cambio de Aceite y pintura

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7		Hoja 1 de 3		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	225,985			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4338,92			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo	Observaciones			
Enjabonado		0,573	○				
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○				
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○				
Transformador Lavado		2,576	○				
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	○			Tiempo tarima	
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○				
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○				
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	○				
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○				
Espera traer teclé		0,629	○				
Acomodado para las pruebas		0,595	○				
Espera dejar teclé		0,629	○				
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○				
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○				
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	○				
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	○				
Preparado para prueba de Relación		0,441	○				
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	○			5 posiciones	
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,505	○			5 resultados	
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	○				
Espera ir a dejar máquina de Prueba de Relación		0,353	○				
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	○				
Puentes Colocados		1,370	○			2 puentes	
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	○				
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	○				
Terminales Convencional Calentadas		2,841	○				
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	○			3 preparaciones	
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	○			3 ubicaciones	
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	○			3 resultados	
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	○				
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	○				
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	○			Tiempo Tarima	
Puente removido del transformador		0,811	○			Convencional	
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	○				
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	○				
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	○				
Puente removido del transformador		0,811	○				
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	○				
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	○				
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	○				
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	○				
Terminales de bornes ajustadas		0,770	○				
Transporte de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	13,3	0,796	○			Tiempo tarima	
Espera preparación de herramientas		1,259	○				
Tapa del Transformador abierta		2,681	○				
Tapa cerrada		3,171	○				
Marcado Cambio de aceite		0,381	○				
Espera llenar Observaciones cambio aceite		0,530	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	○				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	○				
Transportado de cuarto seco a área de salida	14,7	1,610	○			Se tomará para área de almacen.1	
Almacenamiento hasta completar la cantidad			○			15 a 20 transf. Para entrar en horno	
Transportado de Área de almacenamiento 1 a mesa 1	11,57	1,036	○			Tiempo tarima	
Espera preparación de herramientas		1,259	○				
Tapa del Transformador abierta		2,681	○				
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392	○				
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	○				
Aceite drenado 10 kVA		1,557	○				
Espera guardar máquina de extracción de aceite		3,911	○				
Espera colocación de guantes		0,653	○				
Recipiente con empaques y accesorios marcado		0,336	○				
Desarmado para bajo aislamiento o cambio de aceite		12,022	○				
Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 1		1,138	○				
Espera traer teclé		0,629	○				
Núcleo extraído		2,080	○				
Espera dejar teclé		0,629	○				
Núcleo limpiado y marcado con número transformador		0,654	○				
Transportado Mesa 1 a Horno	11,3	2,195	○			Tiempo tarima	
Restos de aceite vaciados y cuba limpia		1,799	○				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○				
Espera buscar hoja correspondiente por bajo aislamiento		0,483	○				

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7		Hoja 2 de 3		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método:	Actual		Operación	59			
Lugar:	Taller Eléctrico COOPELESCA R.L		Demora	79			
Colaborador:	Mesa 1		Transporte	15			
Descripción:	Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA		Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	225,985			
			Costo Mano de Obra (colones)	4338,92			
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones
Espera llenar Observaciones horno		0,530	○	□	◻	▽	
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●				
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580	●				
Transportado Mesa 1 a Área almacenamiento 1	11,57	1,036	●	→			Tiempo tarima
Espera 48 horas núcleo en el horno			●				
Transportado Horno a Mesa 1	11,3	2,195	●	→			Tiempo tarima
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	●				
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	●				
Alicate de presión colocado		0,430	●				
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	●				3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	●				3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	●				3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	●				
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	●				
Transportado Mesa 1 a Horno	11,3	2,195	●	→			Tiempo tarima
Cuba Almacenada hasta enviar a Pintura			●				Hasta completar cantidad para pintura
Espera hasta que regrese de Pintura			●				Aproximadamente una semana
Espera traer máquina Lavado		0,505	●				
Espera para preparar manguera lavado arena		1,714	●				
Lavado por arena		4,831	●				
Pintura en spray aplicada		2,875	●				
Espera para guardar manguera lavado arena		1,714	●				
Espera ir a dejar máquina Lavado		0,505	●				
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	●	→			Tiempo tarima
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	●				
Espera buscar hoja correspondiente por pintura		0,483	●				
Espera ir a dejar AMPO a bodega de suministros		0,505	●				
Transportado Horno a Mesa 1	11,3	2,195	●	→			Tiempo tarima
Espera traer tecele		0,629	●				
Núcleo acomodado dentro del transformador		2,964	●				
Espera dejar tecele		0,629	●				
Espera colocación de guantes		0,653	●				
Espera preparación de herramientas		1,259	●				
Empaques desde recipiente cambiados		14,125	●				
Tapa, bobinas primarias y Aro ensamblados con núcleo		4,614	●				dentro de máquina tiempo
Transportado Mesa 1 a cuarto seco	9	1,034	●	→			Tiempo tarima
Tanque con aceite nuevo abierto		0,301	●				mismo tanque para 5 transformadores
Envase de muestra ambientado		2,853	●				
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)		1,208	●				
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada		1,111	●				
Tiempo Máquina Prueba de aceite		16,404	●				
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	●				
Llenado de aceite 10 kVA		2,008	●				
Espera guardar máquina de extracción aceite		3,911	●				
Espera anotar dato prueba aceite tanque		1,822	●				
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite		3,171	●				
Transportado cuarto seco a Mesa 1	9	1,034	●	→			Tiempo tarima
Espera Limpiar y guardar herramientas		2,580	●				
Espera de 24 horas para reposo del aceite			●				
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	●				
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	●				
Preparado para prueba de Relación		0,441	●				
Prueba de Relación de transformación ejecutada		0,218	●				1 ubicación
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,101	●				1 resultado
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	●				
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	●				
Puentes Colocados		1,370	●				2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	●				
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	●				
Terminales Convencional Calentadas		2,841	●				
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	●				3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	●				3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	●				3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	●				
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	●				
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	●	→			Tiempo tarima
Puente removido del transformador		0,811	●				
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	●				
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	●				
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	●				

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 3 de 3		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	225,985			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4338,92			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Puente removido del transformador		0,811	●				
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	●				
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	●				
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	●				
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	●				
Terminales de bornes ajustadas		0,770	●				
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353	●				
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424	●				
Espera impresión de etiqueta		0,095	●				
Etiqueta de salida pegada		0,226	●				
Espera Llevar máquina de etiqueta de salida a cuarto seco		0,353	●				
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631	●				
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954	●				
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	●				
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	●				
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	●				
Transportado de cuarto de Pruebas Eléctricas a área de salida	11,4	0,786	●				Tiempo tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega			●				
Total	157,34	225,985	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	228,135			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 25kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4380,19			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 25kVA		2,708					
Llenado con aceite 25 kVA		3,007					
Total	157,34	228,135	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	226,331			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 15kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4345,55			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 15kVA		1,956					
Llenado con aceite 15 kVA		1,956					
Total	157,34	226,331	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	230,995			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4435,10			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Aceite drenado 100 kVA		2,41666667					
Llenado con aceite 100 kVA		6,15833333					
Total	157,34	230,995	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	227,586			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4369,66			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
drenado y llenado de 37,5 kVA		5,16666667					
Total	157,34	227,586	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	59			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	224,842			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4316,97			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
drenado y llenado de 5 kVA		2,42222222					
Total	157,34	224,842	59	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	216,521			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4157,21			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	D	⇨		⊗
Suma tiempos diferentes para un atoprotegido		13,016					
Total	157,34	216,521	57	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	○ 57			
			Demora	◻ 79			
			Transporte	⇨ 15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	⊙ 2			
			Almacenaje	▽ 5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	216,867			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 15 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4163,84			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	◻	⇨		⊙
Llenado/Extraído de 15 kVA		3,911					
Total	157,34	216,867	57	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	○ 57			
			Demora	◻ 79			
			Transporte	⇨ 15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	⊙ 2			
			Almacenaje	▽ 5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	218,671			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 25 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4198,48			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	◻	⇨		⊙
Llenado/Extraído de 25 kVA		5,715					
Total	157,34	218,671	57	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	○ 57			
			Demora	◻ 79			
			Transporte	⇨ 15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	⊙ 2			
			Almacenaje	▽ 5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	221,531			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4253,39			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	◻	⇨		⊙
Llenado/Extraído de 100 kVA		8,575					
Total	157,34	221,531	57	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	○ 57			
			Demora	◻ 79			
			Transporte	⇨ 15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	⊙ 2			
			Almacenaje	▽ 5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	215,378			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4135,26			
			Símbolo			Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	◻	⇨		⊙
Llenado/Extraído de 5 kVA		2,422					
Total	157,34	215,378	57	79	15	2	5

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 7		Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	57			
			Demora	79			
			Transporte	15			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELSCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	5			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	157,34			
			Tiempo (minutos)	218,122			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	4187,95			
	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Elemento			○	◻	⇒		○
Llenado/Extraído de 37,5 kVA		5,167					
Total	157,34	218,122	57	79	15	2	5

Transformador sólo cambio de aceite

Cursograma Analítico de Procesos		Material			
Diagrama No. 8		Hoja 1 de 2		Resumen	
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite		Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual		Operación	54		
		Demora	62		
		Transporte	11		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L		Oper-Inspección	2		
		Almacenaje	4		
Colaborador: Mesa 1		Distancia (metros)	112,17		
		Tiempo (minutos)	194,470		
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA		Costo Mano de Obra (colones)	3733,83		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo		Observaciones
Enjabonado		0,573	○		
Espera traer Máquina de Lavado		0,505	○		
Espera Preparación Máquina de Lavado		2,558	○		
Transformador Lavado		2,576	○		
Transportado Área de Lavado a Mesa 1	11	1,396	⇒		Tiempo tarima
Espera Lavado de área de lavado		5,817	○		
Espera mientras se guarda máquina lavado		2,818	○		
Espera ir a dejar máquina de Lavado		0,505	○		
Herrajes retirados y clasificados		4,017	○		
Espera traer tecla		0,629	○		
Acomodado para las pruebas		0,595	○		
Espera dejar tecla		0,629	○		
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505	○		
Espera Llenar datos iniciales		2,124	○		
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353	○		
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137	○		
Preparado para prueba de Relación		0,441	○		
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	○		5 posiciones
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,505	○		5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739	○		
Espera ir a dejar máquina de Prueba de Relación		0,353	○		
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354	○		
Puentes Colocados		1,370	○		2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353	○		
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562	○		
Terminales Convencional Calentadas		2,841	○		
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270	○		3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000	○		3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417	○		3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647	○		
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353	○		
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884	⇒		Tiempo tarima
Puente removido del transformador		0,811	○		Convencional
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593	○		
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579	○		
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346	○		
Puente removido del transformador		0,811	○		
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709	○		
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430	○		
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299	○		
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395	○		
Terminales de bornes ajustadas		0,770	○		
Transporte de cuarto de pruebas eléctricas a cuarto seco	13,3	0,796	⇒		Tiempo tarima
Espera preparación de herramientas		1,259	○		
Tapa del Transformador abierta		2,681	○		
Tapa cerrada		3,171	○		
Marcado Cambio de aceite		0,381	○		
Espera llenar Observaciones cambio aceite		0,530	○		
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505	○		
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259	○		
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505	○		
Transportado de cuarto seco a área de salida	14,7	1,610	⇒		Se tomará para área de almacen.1
Almacenamiento hasta completar la cantidad			○		15 a 20 transf. Para entrar en horno
Transportado de Área de almacenamiento 1 a mesa 1	11,57	1,036	⇒		Tiempo tarima
Espera preparación de herramientas		1,259	○		
Tapa del Transformador abierta		2,681	○		
Espera traer máquina de extracción de aceite		0,392	○		
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593	○		
Aceite drenado 10 kVA		1,557	○		
Espera guardar máquina de extracción de aceite		3,911	○		
Espera colocación de guantes		0,653	○		
Recipiente con empaques y accesorios marcado		0,336	○		
Desarmado para bajo aislamiento o cambio de aceite		12,022	○		
Espera Traer tarima vacía desde el horno a mesa 1		1,138	○		
Espera traer tecla		0,629	○		
Núcleo extraído		2,080	○		
Espera dejar tecla		0,629	○		
Núcleo limpiado y marcado con número transformador		0,654	○		
Transportado Mesa 1 a Horno	11,3	2,195	⇒		Tiempo tarima
Restos de aceite vaciados y cuba limpia		1,799	○		
Espera limpiar y guardar herramientas		2,580	○		
Espera 1 hora almacenado en horno			○		

Cursograma Analítico de Procesos			Material					
Diagrama No. 8		Hoja 2 de 2		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Método: Actual			Operación	54				
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Demora	62				
Colaborador: Mesa 1			Transporte	11				
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 10 kVA			Oper-Inspeccion	2				
			Almacenaje	4				
			Distancia (metros)	112,17				
			Tiempo (minutos)	194,470				
			Costo Mano de Obra (colones)	3733,83				
			Símbolo					
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨	⊙	▽	Observaciones
Transportado Horno a Mesa 1	11,3	2,195						Tiempo tarima
Espera traer teclé		0,629						
Núcleo acomodado dentro del transformador		2,964						
Espera dejar teclé		0,629						
Espera colocación de guantes		0,653						
Espera preparación de herramientas		1,259						
Empaques desde recipiente cambiados		14,125						
Tapa, bobinas primarias y Aro ensamblados con núcleo		4,614						dentro de tiempo máquina
Transportado Mesa 1 a cuarto seco	9	1,034						Tiempo tarima
Tanque con aceite nuevo abierto		0,301						mismo tanque para 5 transformadores
Envase de muestra ambientado		2,853						
Muestra Extraída (extraer muestra y colocar)		1,208						
Boquilla de extracción de muestra limpia y guardada		1,111						
Tiempo Máquina Prueba de aceite		16,404						
Espera preparar máquina de extracción aceite		1,593						
Llenado de aceite 10 kVA		2,008						
Espera guardar máquina de extracción aceite		3,911						
Espera anotar dato prueba aceite tanque		1,822						
Tapa cerrada y retiro de muestra de aceite		3,171						
Transportado cuarto seco a Mesa 1	9	1,034						Tiempo tarima
Espera Limpiar y guardar herramientas		2,580						
Espera de 24 horas para reposo del aceite								
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353						
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137						
Preparado para prueba de Relación		0,441						
Prueba de Relación de transformación ejecutada		0,218						1 ubicación
Espera anotar resultados prueba de Relación		0,101						1 resultado
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739						
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354						
Puentes Colocados		1,370						2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353						
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562						
Terminales Convencional Calentadas		2,841						
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270						3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000						3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417						3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647						
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353						
Transporte a cuarto de Prueba Eléctrica desde mesa 1	4,8	0,884						Tiempo tarima
Puente removido del transformador		0,811						
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593						
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579						
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346						
Puente removido del transformador		0,811						
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709						
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430						
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299						
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395						
Terminales de bornes ajustadas		0,770						
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353						
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424						
Espera impresión de etiqueta		0,095						
Etiqueta de salida pegada		0,226						
Espera Llevar máquina de etiqueta de salida a cuarto seco		0,353						
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631						
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954						
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505						
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259						
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505						
Transportado de cuarto de Pruebas Eléctricas a área de salida	11,4	0,786						Tiempo tarima
Almacenado hasta que se lleve a bodega								
Total	112,17	194,470	54	62	11	2	4	

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	54			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	196,620			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 25kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3775,10			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇒	⊗	▽
Aceite drenado 25kVA		2,70833333					
Llenado con aceite 25 kVA		3,00666667					
Total	112,17	196,620	54	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	54			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	194,816			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 15kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3740,46			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇒	⊗	▽
Aceite drenado 15kVA		1,956					
Llenado con aceite 15 kVA		1,956					
Total	112,17	194,816	54	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	54			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	199,480			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3830,01			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇒	⊗	▽
Aceite drenado 100 kVA		2,41666667					
Llenado con aceite 100 kVA		6,15833333					
Total	112,17	199,480	54	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	54			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	196,071			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3764,57			
			Símbolo		Observaciones		
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇒	⊗	▽
drenado y llenado de 37,5 kVA		5,16666667					
Total	112,17	196,071	54	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	54			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	193,327			
Descripción: Tipo de transformador: Convencional, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3711,88			
	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Elemento			○	D	⇨		⊗
drenado y llenado de 5 kVA		2,42222222					
Total	112,17	193,327	54	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	52			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	186,569			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 10 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3582,12			
	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Elemento			○	D	⇨		⊗
Suma tiempos diferentes para un atoprotegido		9,892					
Total	112,17	186,569	52	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	52			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	186,914			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 15 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3588,75			
	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Elemento			○	D	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 15 kVA		3,911					
Total	112,17	186,914	52	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material				
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen				
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Actual			Operación	52			
			Demora	62			
			Transporte	11			
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2			
			Almacenaje	4			
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17			
			Tiempo (minutos)	188,718			
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 25 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3623,38			
	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones	
Elemento			○	D	⇨		⊗
Llenado/Extraído de 25 kVA		5,715					
Total	112,17	188,718	52	62	11	2	4

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	52		
			Demora	62		
			Transporte	11		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2		
			Almacenaje	4		
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17		
			Tiempo (minutos)	191,578		
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 100 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3678,29		
			Símbolo		Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨	○
Llenado/Extraído de 100 kVA		8,575				
Total	112,17	191,578	52	62	11	2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	52		
			Demora	62		
			Transporte	11		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2		
			Almacenaje	4		
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17		
			Tiempo (minutos)	185,425		
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3560,16		
			Símbolo		Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨	○
Llenado/Extraído de 5 kVA		2,422				
Total	112,17	185,425	52	62	11	2

Cursograma Analítico de Procesos			Material			
Diagrama No. 8	Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Usados sólo Cambio Aceite			Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual			Operación	52		
			Demora	62		
			Transporte	11		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspección	2		
			Almacenaje	4		
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	112,17		
			Tiempo (minutos)	188,169		
Descripción: Tipo de transformador: Autoprotegido, Potencia 37,5 kVA			Costo Mano de Obra (colones)	3612,85		
			Símbolo		Observaciones	
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇨	○
Llenado/Extraído de 37,5 kVA		5,167				
Total	112,17	188,169	52	62	11	2

Transformador nuevo garantía

Cursograma Analítico de Procesos			Material					
Diagrama No. 10	Hoja 1 de 1		Resumen					
Proceso: Mantenimiento Transformadores Nuevos_Garantía			Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Método: Actual			Operación	6				
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Demora	12				
Colaborador: Mesa 1 y 2			Transporte	2				
Descripción: Se toma el fallo en la prueba de Relación			Oper-Inspección	0				
			Almacenaje	1				
			Distancia (metros)	22				
			Tiempo (minutos)	17,022				
			Costo Mano de Obra (colones)	326,82				
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones	
Transportado nuevos área salida a mesa 1 o 2	11	0,749	○	□	⇒	○	▽	
Espera Traer hoja de mantenimiento en blanco		0,505		●				
Espera Llenar datos iniciales		2,124		●				
Espera anotar número a buscar en etiquetas		0,211		●				
Espera traer etiqueta número		0,505		●				
Espera buscar etiqueta		0,478		●				
Colocado de etiqueta número Transf. Nuevo		2,530	●					
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353		●				
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137		●				
Preparado para prueba de Relación		0,441	●					
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089	●					5 posiciones
Espera anotar resultados Prueba de Relación Transf.		0,505		●				5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739		●				
Espera Llevar máquina de relación a cuarto seco		0,353		●				
Espera operario va a oficina		0,453		●				
Hoja Escaneada		0,483	●					
Hoja escaneada ubicada en computadora		0,870	●					
Correo por garantía enviado		1,295	●					
Espera Operario vuelve a mesa desde oficina		0,453		●				Igual a espera operario va a oficina
Transportado nuevos mesa 1 o 2 a área salida	11	0,749			●			
Almacenado hasta que se lleve a bodega						●		
Total	22	17,022	6	12	2	0	1	

Transformador Nuevo

Cursograma Analítico de Procesos			Material						
Diagrama No. 11	Hoja 1 de 1		Resumen						
Proceso: Mantenimiento Transformadores Nuevos			Actividad	Actual	Propuesto	Economía			
Método: Actual			Operación	12					
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Demora	22					
Colaborador: Mesa 1 y Mesa 2			Transporte	3					
Descripción: no hay prueba de aislamiento, y no se da espera por búsqueda de puente porque se está en el cuarto de pruebas eléctricas. Autoprotegido y Convencional			Oper-Inspección	0					
			Almacenaje	1					
			Distancia (metros)	27,2					
			Tiempo (minutos)	24,396					
			Costo Mano de Obra (colones)	468,3986003					
			Total						
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones		
Transportado nuevos área salida a mesa 1 o 2	11	0,749	○	□	⇒	○	○	▽	Tiempo Unitario
Espera Traer hoja de mantenimiento en blanco		0,505							
Espera Llenar datos iniciales		2,124							
Espera anotar número a buscar en etiquetas		0,211							
Espera ir/traer etiqueta número		0,505							Conlleve el ir y el venir
Espera buscar etiqueta		0,478							
Colocado de etiqueta número Transf. Nuevo		2,530							
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353							
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137							
Preparado para prueba de Relación		0,441							
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089							5 posiciones
Espera anotar resultados Prueba de Relación Transf.		0,505							5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739							
Espera Llevar máquina de relación a cuarto seco		0,353							
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas-mesa 1	4,8	0,475							se tomará igual para mesa 2
Puente Colocado		0,685							
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593							
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579							
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346							
Puente removido del transformador		0,811							
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709							
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430							
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299							
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395							
Terminales de bornes ajustadas		0,770							
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353							
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424							
Espera impresión de etiqueta		0,095							
Etiqueta de salida pegada		0,226							
Espera Llevar máquina de etiqueta de salida a cuarto seco		0,353							
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631							
Espera Llenar Observaciones nuevo		0,530							
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954							
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505							
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259							
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505							
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas a área de salida	11,4	0,750							
Almacenado hasta que se lleve a bodega									
Total	27,2	24,396	12	22	3	0	1		

Transformador Nuevo Prueba Aislamiento

Cursograma Analítico de Procesos			Material					
Diagrama No. 12	Hoja 1 de 1		Resumen					
Proceso: Mantenimiento Transformadores Nuevos_Aislamiento			Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Método: Actual			Operación	17				
			Demora	27				
			Transporte	3				
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L			Oper-Inspecc	0				
			Almacenaje	1				
Colaborador: Mesa 1			Distancia (metros)	27,2				
			Tiempo (minutos)	37,688				
Descripción: Con la prueba de Aislamiento se da la búsqueda de puente. Tipo de transformador: Convencional			Costo Mano de Obra(colones)	723,61				
Elemento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo				Observaciones	
			○	D	⇒	□	▽	
Transportado nuevos área salida a mesa 1 o 2	11	0,749						
Espera Traer hoja de mantenimiento vacía		0,505						
Espera Llenar datos iniciales		2,124						
Espera anotar número a buscar en etiquetas		0,211						
Espera traer etiqueta número		0,505						
Espera buscar etiqueta		0,478						
Colocado de etiqueta número Transf. Nuevo		2,530						
Espera traer máquina Prueba de Relación de cuarto seco		0,353						
Espera preparación máquina de prueba de relación		1,137						
Preparado para prueba de Relación		0,441						
Prueba de Relación de transformación ejecutada		1,089						5 posiciones
Espera anotar resultados Prueba de Relación Transf.		0,505						5 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Relación		1,739						
Espera Llevar máquina de relación a cuarto seco		0,353						
Espera por búsqueda de puentes Mesa 1		0,354						
Puentes Colocados		1,370						2 puentes
Espera traer máquina de Prueba de Aislamiento		0,353						
Espera preparación máquina de prueba de Aislamiento		1,562						
Terminales Convencional Calentadas		2,841						
Preparado para Prueba de Aislamiento		1,270						3 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada		3,000						3 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento		0,417						3 resultados
Espera guardar máquina de Prueba de Aislamiento		1,647						
Espera llevar máquina de Aislamiento a cuarto seco		0,353						
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas-mesa 1	4,8	0,475						
Puente removido del transformador		0,811						Convencional
Preparado para Prueba de Cortocircuito		0,593						
Prueba de Cortocircuito ejecutada		0,579						
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito		0,346						
Puente removido del transformador		0,811						
Preparado para Prueba de Pérdidas Eléctricas		0,709						
Prueba de Pérdidas Eléctricas ejecutada		0,430						
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas		0,299						
Cables de alimentación de Pruebas Perdidas removidos		0,395						
Terminales de bornes ajustadas		0,770						
Espera traer máquina de etiqueta salida		0,353						
Espera Preparación de máquina de etiqueta de salida		0,424						
Espera impresión de etiqueta		0,095						
Etiqueta de salida pegada		0,226						
Espera Llevar máquina de etiqueta de salida a cuarto seco		0,353						
Espera Llenar Cálculos de la hoja		0,631						
Espera Llenar Observaciones nuevo		0,530						
Espera ser apuntado en boleta salida a bodega		0,954						
Espera traer AMPO de bodega de Suministros		0,505						
Hoja de mantenimiento guardada en AMPO		0,259						
Espera ir a dejar AMPO a Bodega de Suministros		0,505						
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas a área de salida	11,4	0,750						
Almacenado hasta que se lleve a bodega								
Total	27,2	37,688	17	27	3	0	1	

Cursograma Analítico de Procesos				Material			
Diagrama No. 12		Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Nuevos_Aislamiento				Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual				Operación	17		
				Demora	27		
				Transporte	3		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0		
				Almacenaje	1		
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	32,7		
				Tiempo (minutos)	37,878		
Descripción: Con la prueba de Aislamiento se da la búsqueda de puente. Tipo de transformador: Convencional				Costo Mano de Obra(colones)	727,26		
Elemento		Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Transportado nuevos cuarto pruebas eléctricas-mesa 2		10,3	0,475	○	ⓓ	⇒	se tomará el mismo tiempo de mesa 1
Espera por búsqueda de puentes mesa 2			0,545				
Total		32,7	37,878	17	27	3	0 1

Cursograma Analítico de Procesos				Material			
Diagrama No. 12		Hoja 1 de 1		Resumen			
Proceso: Mantenimiento Transformadores Nuevos_Aislamiento				Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Método: Actual				Operación	16		
				Demora	27		
				Transporte	3		
Lugar: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L				Oper-Inspección	0		
				Almacenaje	1		
Colaborador: Mesa 2				Distancia (metros)	32,7		
				Tiempo (minutos)	33,927		
Descripción: Con la prueba de Aislamiento se da la búsqueda de puente. Tipo de transformador: Autoprotegido				Costo Mano de Obra(colones)	651,40		
Elemento		Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Símbolo			Observaciones
Preparado para Prueba de Aislamiento			0,847	○	ⓓ	⇒	2 preparaciones
Prueba de Aislamiento ejecutada			2,000				2 ubicaciones
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento			0,278				2 resultados
Terminales Autoprotegido Calentadas			1,948				
Puente colocado			0,685				1 puente
Total		32,7	33,927	16	27	3	0 1 menos 1 puente removido

Apéndice 9. Flujo de trabajo de los primeros seis meses del año 2016

Enero		Febrero		Marzo	
TBCV	46	TBCV	65	TBCV	58
Da-5	2	Da-10	17	Da-5	1
Da-10	23	Da-15	15	Da-25	3
Da-15	17	Da-25	17	BaCV-5	2
Da-25	6	Da-37,5	2	BaCV-10	8
Da-37,5	6	Da-50	3	BaCV-37,5	1
Da-50	9	PiCV	68	CaCV-5	1
PiCV	68	BaCV-5	2	CaCV-10	32
BaCV-5	2	BaCV-10	8	CaCV-15	11
BaCV-10	8	BaCV-37,5	1	CaCV-25	5
BaCV-15	4	CaCV-10	33	CaCV-37,5	4
BaCV-37,5	3	CaCV-15	9	CaCV-50	3
BaCV-50	2	CaCV-25	8	N	13
BaCV-100	1	CaCV-37,5	2	NaCV	101
CaCV-10	8	CaCV-50	3		
CaCV-25	1				
N	1				
27 en espera o proceso		22 en el horno		6 en el horno	

Fuente: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Figura No. 80 Flujo de trabajo de transformadores Enero-Marzo 2016

Abril		Mayo		Junio	
TBCV	28	TBCV	35	TBCV	33
Da-5	3	Da-5	4	Da-5	1
Da-10	16	Da-10	101	Da-10	7
Da-15	5	Da-15	23	Da-15	3
Da-25	7	Da-25	26	Da-25	2
Da-37,5	2	Da-37,5	6	Da-37,5	2
Da-50	11	Da-50	6	Da-50	3
Da-75	1	Da-75	4	Da-75	1
Da-100	6	Da-75	4	Da-100	2
PiCV	30	PiCV	42	PiAT	32
BaCV-5	2	BaCV-5	2	BaCV-5	3
BaCV-10	8	BaCV-10	8	BaCV-10	6
BaCV-15	1	BaCV-15	1	BaCV-15	1
BaCV-25	1	BaCV-25	1	BaCV-25	5
BaCV-37,5	1	BaCV-37,5	1	BaCV-50	1
CaCV-10	8	CaCV-10	6	BaCV-100	11
CaCV-15	4	CaCV-15	2	CaCV-10	13
CaCV-25	2	CaCV-15	2	CaCV-15	4
CaCV-37,5	2	CaCV-25	2	CaCV-25	4
CaCV-50	4	CaCV-37,5	1	CaCV-37,5	1
CaCV-100	7	CaCV-50	1	CaCV-50	2
		CaCV-100	7	CaCV-100	4
8 en el horno				N	53
		1 en el horno			
				1 en el horno	

Fuente: Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Figura No. 81 Flujo de trabajos en transformadores Abril-Junio 2016

Apéndice 10. Muestreo de Trabajo

Estudio de Muestreo de Trabajo

Taller Eléctrico COOPELESCA R.L

Fecha: _____ Analista: _____

Colaborador: _____

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
Total Actividad														
Total														

Observaciones Productivas	
Observaciones Improductivas	
Total de Observaciones	

Porcentaje P del día (Obs. Improd/Total Obs.)	
---	--

Estudio Previo

Para estimar el valor de p se realizó un estudio preliminar de tres días utilizando un valor de p de 0,5, con un nivel de confianza de 95% y un error de 3%.

En las hojas de Estudio Prel.D1, Estudio Prel.D2 y Estudio Prel.D3 se encuentran las observaciones de dichos días. A continuación se muestra el resumen de resultados obtenidos con las observaciones previas.

p	0,5
q	0,5
z de ($\alpha/2$)	1,96
e	0,03
n=	1067
Días estudio	10
Operarios	4
Minutos Jornada L-J	510
Minutos Jornada V	450

Recorridos diarios	26,68
--------------------	-------

Utilizando jornada 510 minutos

Tiempo entre Recorrid.	19,12
------------------------	-------

Con los recorridos diarios obtenidos con el cálculo anterior se realizan observaciones durante tres días:

	Est.P.D1	Est.P.D2	Est.P.D3	Total
Obs. Prod	50	62	28	140
Obs. Improd	19	22	24	65
Total Obs.	69	84	52	205

Tomando los resultados Totales se calcula la probabilidad de p

Probabilidad P (Total Obs. Improd/Total Obs):

32%

Cálculo del Tamaño de muestra para el Estudio de Muestreo de Trabajo

p	0,32
q	0,68
z de ($\alpha/2$)	1,96
e	0,03
n=	924,28
Días estudio	10
Operarios	4
Minutos Jornada L-J	510
Minutos Jornada V	450

Recorridos diarios	23,11
--------------------	-------

Lunes a Jueves

Tiempo entre Recorrid.	22,07
------------------------	-------

Viernes

Tiempo entre Recorrid.	19,47
------------------------	-------

Fórmula tamaño de muestra:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 * p * q}{e^2}$$

n= tamaño de muestra

$z_{\alpha/2}^2 = (1.96)^2$ para un 95% de confianza escogido en

conjunto con la jefatura del Departamento de Mantenimiento y Operación de la Red Eléctrica.

p=porcentaje improductivo

q= 1-p

$e^2 =$ se eligió un 3% de error en conjunto con la jefatura del Departamento de Mantenimiento y Operación de la Red Eléctrica= $(0,03)^2$

Total de Recorridos diarios:

$$\text{Recorridos diarios} = \frac{n}{\text{días de estudio} * \text{cant. operarios}}$$

Tiempo entre recorridos:

$$\text{Tiempo entre recorridos} = \frac{\text{minutos jornada}}{\text{recorridos diarios}}$$

Se entiende por minutos jornada el tiempo total de la jornada menos los tiempos de comidas.

Lugar	Taller Eléctrico COOPELESCA
Fecha:	26-ago-16
Analista:	Beatriz González

Operario 2

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller		
1	07:16:00 a.m.														
2	07:59:00 a.m.								1						
3	08:08:00 a.m.					1									
4	08:29:00 a.m.					1									
5	08:48:00 a.m.														
6	09:13:00 a.m.			1											Desayuno
7	09:32:00 a.m.					1									Arreglo de otro equipo
8	10:09:00 a.m.					1									
9	10:29:00 a.m.									1					
10	10:49:00 a.m.			1											
11	11:33:00 a.m.													1	
12	11:52:00 a.m.								1						
13	12:22:00 p.m.														Almuerzo
14	01:31:00 a.m.			1											
15	01:57:00 a.m.														
16	02:25:00 a.m.											1			
17	02:48:00 a.m.			1											
18	03:09:00 a.m.														
19	03:34:00 a.m.														
20	03:50:00 a.m.														
Total Actividad		0	0	4	0	4	0	0	2	1	0	1	1		
Total		8							5						

Operario 1

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller		
1	07:16:00 a.m.														
2	07:59:00 a.m.			1											
3	08:08:00 a.m.			1											
4	08:29:00 a.m.														
5	08:48:00 a.m.												1		
6	09:13:00 a.m.			1											
7	09:32:00 a.m.			1											
8	10:09:00 a.m.			1											
9	10:29:00 a.m.			1											
10	10:49:00 a.m.			1											
11	11:33:00 a.m.										1				
12	11:52:00 a.m.								1						
13	12:22:00 p.m.														Almuerzo
14	01:31:00 a.m.			1											
15	01:57:00 a.m.														
16	02:25:00 a.m.			1											
17	02:48:00 a.m.								1						
18	03:09:00 a.m.														
19	03:34:00 a.m.														
20	03:50:00 a.m.														
Total Actividad		0	0	9	0	0	0	0	2	0	1	1	0		
Total		9							4						

Operario 3

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller		
1	07:16:00 a.m.														
2	07:59:00 a.m.								1						
3	08:08:00 a.m.					1									
4	08:29:00 a.m.					1									
5	08:48:00 a.m.														Desayuno
6	09:13:00 a.m.													1	
7	09:32:00 a.m.													1	
8	10:09:00 a.m.													1	
9	10:29:00 a.m.													1	
10	10:49:00 a.m.													1	
11	11:33:00 a.m.						1								
12	11:52:00 a.m.	1													
13	12:22:00 p.m.														Almuerzo
14	01:31:00 a.m.				1										
15	01:57:00 a.m.														
16	02:25:00 a.m.				1										
17	02:48:00 a.m.				1										
18	03:09:00 a.m.														
19	03:34:00 a.m.														
20	03:50:00 a.m.														
Total Actividad		1	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	5	
Total		7							6						

Operario 4

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller		
1	07:16:00 a.m.														
2	07:59:00 a.m.														
3	08:08:00 a.m.							1							
4	08:29:00 a.m.										1				
5	08:48:00 a.m.									1					
6	09:13:00 a.m.							1							
7	09:32:00 a.m.											1			
8	10:09:00 a.m.			1											
9	10:29:00 a.m.											1			
10	10:49:00 a.m.								1						
11	11:33:00 a.m.									1					
12	11:52:00 a.m.									1					
13	12:22:00 p.m.														Almuerzo
14	01:31:00 a.m.										1				
15	01:57:00 a.m.														
16	02:25:00 a.m.													1	
17	02:48:00 a.m.							1							
18	03:09:00 a.m.														
19	03:34:00 a.m.														
20	03:50:00 a.m.														
Total Actividad		0	0	1	0	0	3	0	1	4	3	1	0		
Total		4							9						

Día 3 de Estudio Preliminar

Observaciones Productivas	28
Observaciones Improductivas	24
Total de Observaciones	52

Porcentaje P del día (Obs. Improd/Total Obs.)	46%
---	-----

Lugar	Taller Eléctrico COOPELESCA
Fecha:	02-sep-16
Analista	Beatriz González

Operario 2

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas							Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller		
1	07:32:00 a.m.										1				
2	07:47:00 a.m.				1										
3	08:08:00 a.m.											1			
4	08:22:00 a.m.									1					
5	08:47:00 a.m.														Desayuno
6	09:12:00 a.m.												1		
7	09:48:00 a.m.									1					
8	10:07:00 a.m.														
9	10:22:00 a.m.								1						
10	10:33:00 a.m.														
11	10:59:00 a.m.								1						
12	11:07:00 a.m.					1									
13	11:22:00 a.m.									1					
14	11:37:00 a.m.									1					
15	12:01:00 p.m.	1													
16	12:08:00 p.m.										1				
17	01:27:00 a.m.														Almuerzo
18	01:50:00 a.m.												1		
19	02:15:00 a.m.			1											
20	02:32:00 a.m.			1											
21	02:49:00 a.m.											1			
22	03:14:00 a.m.									1					
23	03:18:00 a.m.			1											
Total Actividad		1	0	3	1	1	0	0	0	4	5	3	1		
Total		6							13						

Operario 1

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas						Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona		Fuera Taller
1	07:32:00 a.m.													Reunión Departamento
2	07:47:00 a.m.													Reunión Departamento
3	08:08:00 a.m.													Reunión Departamento
4	08:22:00 a.m.													Reunión Departamento
5	08:47:00 a.m.													Reunión Departamento
6	09:12:00 a.m.													Reunión Departamento
7	09:48:00 a.m.													Reunión Departamento
8	10:07:00 a.m.													Reunión Departamento
9	10:22:00 a.m.													Reunión Departamento
10	10:33:00 a.m.													Reunión Departamento
11	10:59:00 a.m.													Reunión Departamento
12	11:07:00 a.m.													Reunión Departamento
13	11:22:00 a.m.													Reunión Departamento
14	11:37:00 a.m.													Reunión Departamento
15	12:01:00 p.m.													Reunión Departamento
16	12:08:00 p.m.													Almuerzo
17	01:27:00 a.m.			1										
18	01:50:00 a.m.			1										
19	02:15:00 a.m.			1										
20	02:32:00 a.m.			1										
21	02:49:00 a.m.										1			
22	03:14:00 a.m.						1							
23	03:18:00 a.m.			1										
Total Actividad		0	0	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
Total				6							1			

Operario 3

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas						Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona		Fuera Taller
1	07:32:00 a.m.													
2	07:47:00 a.m.				1							1		
3	08:08:00 a.m.							1						
4	08:22:00 a.m.	1												
5	08:47:00 a.m.													
6	09:12:00 a.m.				1									1
7	09:48:00 a.m.										1			
8	10:07:00 a.m.													
9	10:22:00 a.m.				1									
10	10:33:00 a.m.													
11	10:59:00 a.m.													
12	11:07:00 a.m.									1				
13	11:22:00 a.m.	1												
14	11:37:00 a.m.										1			
15	12:01:00 p.m.	1												
16	12:08:00 p.m.	1												
17	01:27:00 a.m.													Almuerzo
18	01:50:00 a.m.													
19	02:15:00 a.m.													
20	02:32:00 a.m.					1								
21	02:49:00 a.m.	1												
22	03:14:00 a.m.	1												
23	03:18:00 a.m.	1												
Total Actividad		7	0	0	3	1	0	1	1	1	3	0	1	
Total					12						6			

Operario 4

Núm. Obs	Tiempo Aleatorio	Actividades Productivas						Actividades No Productivas					Comentario	
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona		Fuera Taller
1	07:32:00 a.m.													Reunión Departamento
2	07:47:00 a.m.													Reunión Departamento
3	08:08:00 a.m.													Reunión Departamento
4	08:22:00 a.m.													Reunión Departamento
5	08:47:00 a.m.													Reunión Departamento
6	09:12:00 a.m.													Reunión Departamento
7	09:48:00 a.m.													Reunión Departamento
8	10:07:00 a.m.													Reunión Departamento
9	10:22:00 a.m.													Reunión Departamento
10	10:33:00 a.m.													Reunión Departamento
11	10:59:00 a.m.													Reunión Departamento
12	11:07:00 a.m.													Reunión Departamento
13	11:22:00 a.m.													Reunión Departamento
14	11:37:00 a.m.													Reunión Departamento
15	12:01:00 p.m.													Reunión Departamento
16	12:08:00 p.m.													Almuerzo
17	01:27:00 a.m.			1										
18	01:50:00 a.m.			1										
19	02:15:00 a.m.			1										
20	02:32:00 a.m.			1										
21	02:49:00 a.m.						1							
22	03:14:00 a.m.			1										
23	03:18:00 a.m.			1										
Total Actividad		0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Total				7							0			

Día 7 de Muestreo de Trabajo

Observaciones Productivas	31
Observaciones Improductivas	20
Total de Observaciones	51

Porcentaje P del día (Obs. Improd/Total Obs.)	39%
---	-----

Resumen Estudio del Muestreo de Trabajo

Lugar	Taller Eléctrico COOPELESCA
Fecha:	24/08/2016- 7/09/2016
Analista:	Beatriz González

Operario 2

Núm. Obs	Totales	Actividades Productivas							Actividades No Productivas				
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller
	48	0	12	18	23	3	7	10	17	17	12	10	

Actividad	Total Obs.	Porcentaje(TotalAct/Total)	Productivas	63%
M.T	48	27%		
M.L	0	0%		
M.P y Otros	12	7%		
Llenar Hojas	18	10%		
Prep. HóM	23	13%		
Oficina	3	2%		
Bodega	7	4%		
Limpieza	10	6%	Improductivas	37%
Transporte	17	10%		
Tel/Cel	17	10%		
Rec.Persona	12	7%		
Fuera Taller	10	6%		
Total	177	100%		

Intervalo de Confianza para p (95% confianza)

$$p - 1,96 * \text{Raíz}((p*q)/n) \quad p + 1,96 * \text{Raíz}((p*q)/n)$$

$$0,555877706 \quad 63\% \quad 0,69835958$$

Operario 1

Núm. Obs	Totales	Actividades Productivas							Actividades No Productivas				
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller
	1	11	82	3	2	22	14	5	2	13	6	8	

Actividad	Total Obs.	Porcentaje(TotalAct/Total)	Productivas	80%
M.T	1	1%		
M.L	11	7%		
M.P y Otros	82	49%		
Llenar Hojas	3	2%		
Prep. HóM	2	1%		
Oficina	22	13%		
Bodega	14	8%		
Limpieza	5	3%	Improductivas	20%
Transporte	2	1%		
Tel/Cel	13	8%		
Rec.Persona	6	4%		
Fuera Taller	8	5%		
Total	169	100%		

Intervalo de Confianza para p (95% confianza)

$$p - 1,96 * \text{Raíz}((p*q)/n) \quad p + 1,96 * \text{Raíz}((p*q)/n)$$

$$0,738375468 \quad 80\% \quad 0,85925767$$

Operario 3

Núm. Obs		Actividades Productivas						Actividades No Productivas					
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller
	Totales	65	0	0	25	22	2	6	7	7	15	4	11

Actividad	Total Obs.	Porcentaje(TotalAct/Total)		
M.T	65	40%	Productivas	73%
M.L	0	0%		
M.P y Otros	0	0%		
Llenar Hojas	25	15%		
Prep. HóM	22	13%		
Oficina	2	1%		
Bodega	6	4%	Improductivas	27%
Limpieza	7	4%		
Transporte	7	4%		
Tel/Cel	15	9%		
Rec.Persona	4	2%		
Fuera Taller	11	7%		
Total	164	100%		

Intervalo de Confianza para p (95% confianza)

$$p-1,96*\text{Raíz}((p*q)/n) \quad p+1,96*\text{Raíz}((p*q)/n)$$

$$0,663895207 \quad 73\% \quad 0,79951943$$

Operario 4

Núm. Obs		Actividades Productivas						Actividades No Productivas					
		M.T	M.L	M.P y Otros	Llenar Hojas	Prep. HóM	Oficina	Bodega	Limpieza	Transporte	Tel/Cel	Rec.Persona	Fuera Taller
	Totales	18	0	18	12	3	48	22	5	9	13	15	12

Actividad	Total Obs.	Porcentaje(TotalAct/Total)		
M.T	18	10%	Productivas	69%
M.L	0	0%		
M.P y Otros	18	10%		
Llenar Hojas	12	7%		
Prep. HóM	3	2%		
Oficina	48	27%		
Bodega	22	13%	Improductivas	31%
Limpieza	5	3%		
Transporte	9	5%		
Tel/Cel	13	7%		
Rec.Persona	15	9%		
Fuera Taller	12	7%		
Total	175	100%		

Intervalo de Confianza para p (95% confianza)

$$p-1,96*\text{Raíz}((p*q)/n) \quad p+1,96*\text{Raíz}((p*q)/n)$$

$$0,62299195 \quad 69\% \quad 0,75986519$$

Resultados Totales

Actividad	Total Obs.	Porcentaje(TotalAct/Total)		
M.T	132	19%	Productivas	71%
M.L	11	2%		
M.P y Otros	112	16%		
Llenar Hojas	58	8%		
Prep. HóM	50	7%		
Oficina	75	11%		
Bodega	49	7%	Improductivas	29%
Limpieza	27	4%		
Transporte	35	5%		
Tel/Cel	58	8%		
Rec.Persona	37	5%		
Fuera Taller	41	6%		
Total	685	100%		

Intervalo de confianza de p total (95%)

26%	29%	32%
-----	-----	-----

Apéndice 11. Análisis Requerimientos Modelo

Análisis de Requerimientos del Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico:

Lluvia de ideas:

- ✓ Que identifique que aspectos del proceso involucran los tiempos mayores.
- ✓ Que sea comprensible para ambas partes (Taller y Jefatura Departamento de Operación y Mantenimiento de la Red Eléctrica).
- ✓ Que sea de fácil manejo o uso.
- ✓ Estructura similar a los Registros de trabajos realizados que elabora el jefe del Taller.
- ✓ Que permita conocer el uso de la capacidad del taller.
- ✓ Que permita conocer las razones de porque no se logró la demanda de trabajos si así fuera el caso.
- ✓ Que permita los cambios en la cantidad de operarios o el uso de las jornadas de trabajo de estos.

Cuadro No. 40 Traducción de Ideas en Requerimientos

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Estructura	-Tipos de Trabajos de mantenimiento de equipos y Cantidad de estos.	-Estructura similar a los reportes mensuales elaborados en el Taller.
	-Cantidad de Operarios.	-Permita cambiar cantidad de operarios o uso de jornadas.
	-Reporte.	-Que permita conocer razones del uso de la capacidad.
Presentación	-Ingreso de Datos.	-Fácil manejo.
	-Interpretación de resultados.	-Comprensión para Taller y Departamento.
Salidas	-Índice de utilización de la Capacidad.	-Conocer uso de capacidad del Taller.
	-Minutos, Horas, días requeridos para la realización de los trabajos.	-Identificación de que partes del proceso involucran más tiempo.

Fuente: Elaboración Estudiante

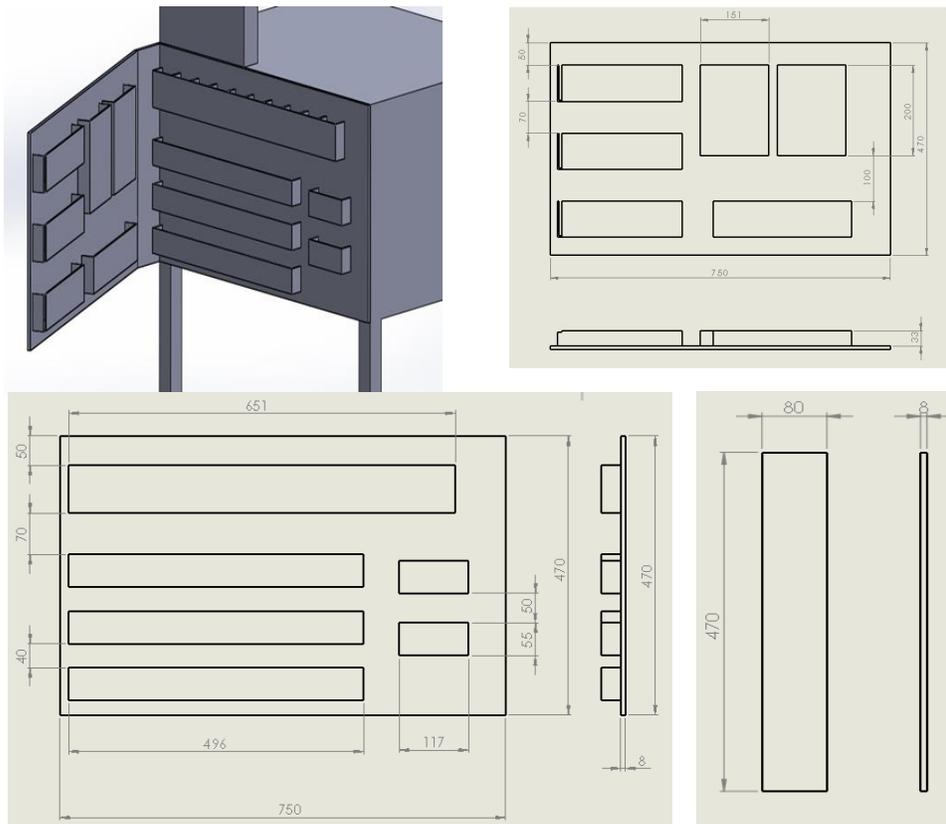
Cuadro No. 41 Identificación de Cómo y Cuánto cumplir los requerimientos

Nivel 3	Cómo	Cuánto
-Estructura similar a los reportes mensuales elaborados en el Taller.	-Haciendo que el ingreso de datos sea de ingresar tipo de mantenimiento y la cantidad de estos al igual que se registra actualmente en los reportes.	-Todas las posibles combinaciones de Tipo de Mantenimiento determinadas en el análisis de la situación actual.
-Permita cambiar cantidad de operarios o uso de jornadas.	-Colocar un espacio en el modelo que calcule la cantidad de horas disponibles en la jornada semanal según la cantidad de operarios.	-Jornada semanal de lunes a jueves 510 minutos. Jornada Viernes 450 minutos.
-Que permita conocer razones del uso de la capacidad.	-Con un reporte resumen donde el Jefe del Taller logre ingresar sus comentarios u observaciones a partir de los resultados obtenidos en el modelo.	-
-Fácil manejo o uso	-Incluyendo descripciones del significado de las casillas o celdas donde se ingresan o se obtienen datos.	-
-Comprensión para Taller y Departamento.	-Agregando un espacio de interpretación de resultados.	-
-Conocer uso de capacidad del Taller.	-Con el cálculo del índice de utilización de la capacidad.	-
-Identificación de que partes del proceso involucran más tiempo.	-Con la separación de los tiempos operativos y los tiempos que incluyen los procesos de pintura, horno o reposo de aceite.	-

Fuente: Elaboración Estudiante

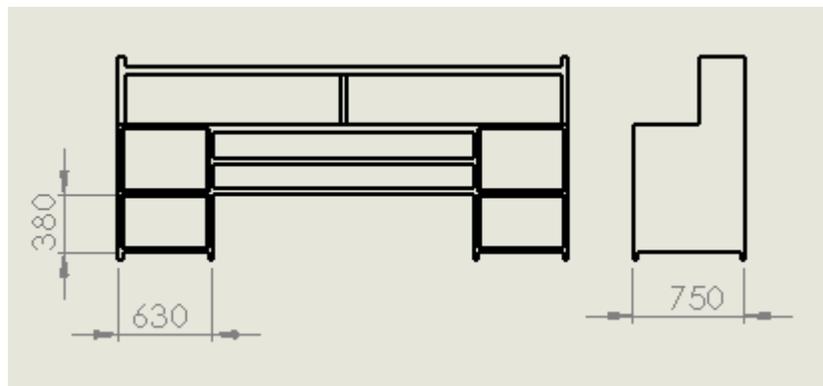
Apéndice 12. Manual de Usuario del Modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico

Apéndice No. 13 Diseño del Puesto de Trabajo



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 82 Medidas en mm para el espacio de almacenaje de etiquetas



Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 83 Medidas en mm para los nuevos cajones de la mesa de trabajo

Apéndice 14. Tiempos recopilados para la prueba de Hoja de Registro Digital

media
desviación estándar
mediana
Valor p

Espera Llenar datos iniciales	Anotar resultados Prueba de Relación de Transf.	Anotar resultados Prueba de Aislamiento	Anotar resultados Prueba Cortocircuito	Anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas	Anotar resultados prueba de Aceite transformador	Anotar dato prueba aceite tanque	Llenar Observaciones	Espera Llenar Cálculos de la hoja
2,8667	0,0667	0,0833	0,4167	0,2833	0,5333	1,6667	0,1167	0,0000
2,9167	0,0833	0,1000	0,4333	0,3500	0,4333	1,2333	0,1333	0,0000
2,6333	0,1000	0,1167	0,2667	0,3500	0,5833	0,9000	0,1833	0,0000
2,2500	0,1000	0,0667	0,3667	0,4000	0,5167	1,2667	0,1500	0,0000
2,6667	0,0667	0,0833	0,3333	0,3000	0,0764	0,3844	0,1458	0,0000
0,3040	0,1000	0,1333	0,3000	0,3367	0,5333	1,2333	0,0285	0,0000
2,7500	0,1333	0,0833	0,3528	0,0462	0,4870	0,6010	0,1417	0,0000
0,3350	0,0667	0,1167	0,0653	0,3500			0,7050	0,0000
	0,0833	0,0833	0,3500	0,5180				
	0,1167	0,1333	0,8390					
	0,1000	0,0833						
	0,1167	0,0985						
	0,0944	0,0229						
	0,0217	0,0833						
	0,1000	0,0370						
	0,2650							

Fuente: Elaboración Estudiante

Figura No. 84 Tiempos Recolectados para la Prueba de la Hoja de Registro Digital
Cuadro No. 42 Cantidad de muestra recomendada para los tiempos de la Hoja de Registro Digital

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 10 réplicas/ error 5% / t=2,685							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
7	Anotar resultados Prueba de Relación de Transf.	0,0917	0,0226	0,092	174,7700	12,0000	19%
10	Anotar resultados Prueba de Aislamiento	0,1000	0,0236	0,0920	160,2100	11,0000	19%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 6 réplicas/ error 5% / t=2,571							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
13	Anotar resultados Prueba Cortocircuito	0,3528	0,0653	0,3500	90,6630	6,0000	19%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 5 réplicas/ error 5% / t=2,776							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
17	Anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas	0,3367	0,0462	0,3500	58,1680	5,0000	17%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 4 réplicas/ error 5% / t=3,182							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
45	Llenar Observaciones	0,1458	0,02846375	0,1420	154,2900	4,0000	31%
4	Espera Llenar datos iniciales	2,6667	0,3040	2,7500	52,6300	4,0000	18%

Cálculo de la cantidad de ciclos recomendados 3 réplicas/ error 5% / t=4,303							
No	Elemento	Promedio	Desviación	Mediana	n calculada	n recolectada	despeje error
91	Anotar dato prueba aceite tanque	1,2667	0,3844	1,2330	682,1600	3,0000	75%
105	Anotar resultados prueba de Aceite transformador	0,51667	0,07637626	0,533	161,84	3,0000	37%

Fuente: Elaboración Estudiante

Cuadro No. 43 Aplicación de Suplementos para los tiempos de la hoja de registro Digital

Elemento	Tiempo Promedio (minutos)	Neces. Person.	Fatiga	Posición	Iluminación	Atención cercana	Tedio	Inicio-fin Jornada	Total Suplementos %	Tiempo Estándar (minutos)
Espera Llenar datos iniciales	2,667	5	4	2	2			2	15	3,067
Espera anotar resultados Prueba de Relación de Transf.	0,094	5	4	2	2			2	15	0,109
Espera anotar resultados Prueba de Aislamiento	0,098	5	4	2	2			2	15	0,113
Espera anotar resultados Prueba Cortocircuito	0,353	5	4	2	2			2	15	0,406
Espera anotar resultados Prueba Pérdidas Eléctricas	0,337	5	4	2	2			2	15	0,387
Espera anotar resultados prueba de Aceite transformador	0,517	5	4	2				2	13	0,584
Espera anotar dato prueba aceite tanque	1,267	5	4	2				2	13	1,431
Espera Llenar Observaciones cambio aceite, pintura, dañ..	0,146	5	4	2				2	13	0,165
Espera Llenar Cálculos de la hoja	0,000	5	4	2		2		2	15	0,000

Fuente: Elaboración Estudiante

ANEXOS

Anexo 1. Hoja en de Registro de resultados del Taller Eléctrico

COOPELESCA <small>COOPERATIVA ELÉCTRICA DE LA GUAYANA</small>	TALLER ELÉCTRICO	REVISIÓN DE TRANSFORMADORES	Plantilla # 1
---	------------------	-----------------------------	------------------

Placa de Características			
# Transformador _____	Marca: _____	Fecha de Última Revisión: _____	
Potencia _____ KVA	# de Serie: _____	Fecha de Inicio de Revisión: _____	
Año de Fabricación _____	Impedancia de Placa: _____ %	Fecha de Finalización: _____	
Tipo <input type="checkbox"/> Autoprot. <input type="checkbox"/> Conv.	Cambiador de Tapa <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Mont: <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo	
Voltaje Primario 14.4 / 24.9 kV	Litros de Aceite _____	Trafo: <input type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Usado	
Voltaje Secundario _____	PCB <input type="checkbox"/> 50 PPM <input type="checkbox"/> 1 PPM	<input type="checkbox"/> No Detectado <input type="checkbox"/> No Índice	

Terminales del Primario <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Dañados	Disyuntor <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Dañado
Terminales del Secundario <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Dañados	Bobinado Primario <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto
Empaques <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Dañados	Bobinado Secundario <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Corto
Fusible del Primario <input type="checkbox"/> Bien estado <input type="checkbox"/> Fundido	

Prueba de Aceite Dieléctrico:					
Promedio _____ kV	Rigidez 1 _____ kV	2 _____ kV	3 _____ kV	4 _____ kV	5 _____ kV

Pruebas de Entrada de Taller	Pruebas de Salida de Taller
Relación de Transformación (tap)	Relación de Transformación
Estado del Bobinado	Estado del Bobinado
1 _____ 4 _____	Buen estado <input type="checkbox"/> _____
2 _____ 5 _____	Dañado <input type="checkbox"/> _____
3 _____	
Polaridad <input type="checkbox"/> Aditiva <input type="checkbox"/> Sustractiva	Polaridad <input type="checkbox"/> Aditiva <input type="checkbox"/> Sustractiva

Aislamientos Entre Bobinados y Tierras	Aislamientos Entre Bobinados y Tierras
Valores Admisibles > a 3000 M Ω Corriente de Fuga	Valores Admisibles > a 3000 M Ω Corriente de Fuga
Alta - Tierra _____ M Ω	Alta - Tierra _____ M Ω
Baja - Tierra _____ M Ω	Baja - Tierra _____ M Ω
Alta - Baja _____ M Ω	Alta - Baja _____ M Ω

Pérdidas Sin Carga	Pérdidas Sin Carga
Tensión _____ V	Tensión _____ V
Corriente de Excitación _____ A	Corriente de Excitación _____ A
Pérdidas Sin Carga _____ W	Pérdidas Sin Carga _____ W

Pérdidas de Cortocircuito	Pérdidas de Cortocircuito
Corriente Nominal _____ A	Corriente Nominal _____ A
Tensión _____ V	Tensión _____ V
Pérdidas en el Cobre _____ W	Pérdidas en el Cobre _____ W
Impedancia (V/144) _____ %	Impedancia (V/144) _____ %
Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %) _____ %	Porcentaje de Pérdidas en el Transformador (Valores Admisibles < = a 3 %) _____ %

Observaciones: _____	Observaciones: _____
_____	_____
_____	_____

Anexo 2. Cotizaciones



COOPELESCA, MATERIALES ELECTRICOS Y ELECTRODOMESTICOS

CEDULA JURIDICA: 3-004-45117
TELEFONO: 2401-28-63 / FAX: 2461-03-32
E-Mail: electrodomesticos@coopelesca.co.cr

Página: 1
Fecha: 21-Oct.2016
Hora: 12:30:09 PM
Usuario: DARCE

COTIZACION

SEÑOR (a) COOPELESCA R.L.

COTIZACION : # 247622
CONSULTA : # 217500

Atencion :

Entrega :

CODIGO	DESCRIPCION	CATEG.	CANTIDAD	PREC/UNIT	VALOR
T561	TABLETA SAMSUNG GALAXY TAB E 9.6" 8GB	0	2	133,566.00	267,132.00

VENDEDOR: DILANA ARCE RODRIGUEZ

SUBTOTAL: 267,132.00
DESCUENTO: 24,041.88
IMPUESTO: 31,601.72
TOTAL: 274,691.84

Nota: Los precios cotizados son validos por 8 días.
Garantía no Aplica sobre Accesorios

Cotización Router:

Costo Router: 26,900.00 colones.

Fuente: Almacenes COOPELESCA.

Cotización Espacios de Almacenamiento para las Mesas de Trabajo

Espacio	Costo Individual (colones)	Total (colones)
Cajones	203,400.00	813,600.00
Almacenamiento Etiquetas	175,000.00	395,500.00
Total		1 209,100.00
4 días entrega de trabajos/ medio día Instalación. Acero Inoxidable #18 304		

Fuente: TALLER NORCAM/ 2460-4850.

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Beatriz Adriana González Barrantes carné
201234145, autorizo autorizo autorizo parcialmente donde no se
excluyan las páginas _____ a la Biblioteca José Figueres del Instituto
Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título
Diseño de un modelo de Cálculo de Capacidad para el Taller Eléctrico de COPELESCA R.L
para ser ubicado en el Repositorio institucional y Catálogo SIRTEC para ser accedido a través
de la red Internet por los demás estudiantes activos.



Firma del Estudiante

Nombre: Beatriz González

Cédula: 2-721-617



Firma Asesor de Empresa

Nombre: Luis Diego Rojas G.

Cédula: 1-864-785